

**TEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEIDEN
MAANPARANNUSVAIKUTUKSET PERUNANTUOTANNOSSA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Mustiala, Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Kevät, 2018

Kati Helttunen

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Mustiala

Tekijä	Kati Helttunen	Vuosi 2018
Työn nimi	Teollisuuden sivutuotteiden maanparannusvaikutukset perunan tuotannossa	
Työn ohjaaja	Heikki Tapani Pietilä	

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käsitellään koetuloksia kokeesta, joka suoritettiin Perunantutkimuslaitoksessa (PETLA) kesän 2017 aikana. Kokeen tavoitteena oli tutkia turvetuotannosta poistuneiden suopohjien käyttömahdollisuuksia non-food perunan tuotannossa. Tutkimuksessa pellolle sijoitettiin eri teollisuuden sivutuotteita. Näitä sivutuotteita olivat kipsisakka, biohiili, kuituliete, kuitusavi sekä biomädäte. Tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää, onko teollisuuden sivutuotteilla maan kasvukykyä parantavia vaikutuksia ja mahdollistaisiko teollisuuden sivutuotteiden käyttö turvemaalla kannattavan tärkkelysperunan tuotannon.

Kokeen toteutuksessa oli omat haasteensa muun muassa siksi, että kokeen kasvukausi oli lyhyt. Tämän vuoksi tutkimustuloksissa sato- ja tärkkelyssatotulokset jäivät perunan keskimääräisiä satotuloksia alhaisemmiksi. Kuitenkin eroja eri koejäsenten välille saatiin, kun koetulokset analysoitiin.

Koejäsenistä parhaiten koetuloksissa pärjäsivät kontrolli + harsokate ja biomädäte -koejäsen. Biohiili, kipsisakka sekä pienen käyttömäärän kuitusavi pärjäsivät paremmin kuin kontrollikoejäsen. Heikointa perunan kasvu ja kehitys oli kaikilla suuren määrän kuitusavea sisältävillä koejäsenillä sekä kuitulietteellä. Näiden koejäsenten osalta voidaan todeta teollisuuden sivutuotteen häirinneen perunan kasvua.

Avainsanat peruna, teollisuuden sivutuote, turve

Sivut XX sivua, joista liitteitä XX sivua

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries
Mustiala

Author	Kati Helttunen	Year 2018
Subject	Soil enrichment effects of by-products in production of potatoes	
Supervisors	Heikki Tapani Pietilä	

ABSTRACT

This thesis explains test results about the test which was made at the Finnish Potato Research Institute (PETLA) during the summer 2017. The aim was to study the possibilities of former peat production areas and to sort out opportunities for non-food potato production. Five different industrial by-products were spread to the field. These industrial by-products were gypsum sediment, biochar, fibre suspension, fibre clay and decomposed biowaste. In this research the aim was to find out if the by-products have abilities to improve soil growth and would by-products used on a peat soil give profitable opportunity to starch potato production.

There were challenges in the implementation of this test. One of the reasons was that the growing season of this test was short. Because of the challenges in the implementation, the research results, for example yield of potatoes and crop of potato starch was lower than it would be in an average potato cultivation. However, there were differences between the experimental treatments when the test results were analysed.

Best of the experimental treatments of this test were control + gauze experimental treatment and decomposed biowaste experimental treatment. Biochar, gypsum sediment and low amount of using fibre clay also did better when compared to control experimental treatment. Weakest results in this test were in using large amounts of fibre clay and fibre suspension. The results showed that these disrupted the potato growth and development.

Keywords potato, by-product, peat

Pages XX pages including appendices XX pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TÄRKKELYSPERUNAN VIJELY	1
2.1	Maaperä	2
2.2	Ilmasto.....	4
2.3	Ravinteet ja lannoitus.....	4
2.3.1	Typpi	5
2.3.2	Fosfori	6
2.3.3	Kalium	6
2.3.4	Kalsium	7
2.3.5	Magnesium	8
2.3.6	Rikki	8
2.3.7	Boori	8
2.3.8	Mangaani	9
3	SUOMEN SOIDEN KÄYTTÖ	9
3.1	Soiden maatalouskäyttö.....	10
3.2	Turvemaiden ominaisuudet	11
3.3	Perunantuotanto turvemaalla	12
4	TEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEET	12
4.1	Kipsisakka	13
4.2	Kuitusavi	13
4.3	Kuituliete	14
4.4	Biohiili.....	14
4.5	Biomädäte	15
5	KOKEEN ESITTELY.....	15
5.1	Suunnitelma	15
5.2	Hankkijan Tanu	17
6	KOKEEN MAAPERÄ JA ILMASTO	18
6.1	Maanäyteanalyysit	18
6.2	Sääolosuhteet.....	19
7	KOKEEN TOTEUTUS.....	21
7.1	Kyntö	21
7.2	Teollisuuden sivutuotteiden levitys	22
7.3	Istutus.....	27
7.4	Rikkakasvien ja ruton torjunta	27
7.5	Nosto	28
8	HAVAINNOT	28
8.1	Hätämukulat.....	29

8.2	Taimettuminen.....	30
8.3	Alkukehitys ja yksilömäärät.....	31
8.4	Peittävyys	33
8.5	Halla.....	35
9	KOETULOKSET	37
9.1	Satotulokset ja lajittelu	37
9.2	Tärkkelyspitoisuus	39
10	YHTEENVETO	40
10.1	Alkukehitys ja peittävyys.....	42
10.2	Sato ja tärkkelyssato	43
11	LÄHTEET	46

1 JOHDANTO

Raskaiden työkoneiden käyttö, monokulttuuri sekä kemiallisten lannoitteiden käyttö aiheuttavat peltojen tiivistymistä. Ravinteiden huuhtoutuminen pelloilla kasvaa ja maan rakenne heikkenee. Tämän seurauksena viljelyssä aiheutuu laatu- sekä satotappioita. Teollisuudesta syntyy sivutuotteita, jotka sisältävät ravinteita tai niillä on maata parantavia ominaisuuksia. Osa näistä teollisuuden sivutuotteista on luokiteltu jätteiksi, eikä niille ole jatkosijoituskohdetta. Jotta ravinteiden kiertoa saataisiin parannettua, on ryhdytty tutkimaan teollisuuden sivutuotteiden käyttömahdollisuuksia viljelyksessä lannoite- sekä maanparannusaineina.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kesällä 2017 Ylistarossa toteutetun hankkeen koetuloksia. Hanke jota koetulokset käsittelevät on kaksivuotinen. Tämän opinnäytetyön asiasisältö käsittelee ensimmäisen vuoden koetuloksia. Kokeessa tutkittiin teollisuuden sivutuotteiden käyttömahdollisuuksia non-food perunantuotannossa turvetuotannosta poistuneilla suopohjilla. Tutkimuksen toteuttajana sekä opinnäytetyön tilaajana toimii Perunantutkimuslaitos PETLA.

Tutkimuksessa pellolle sijoitettiin eri teollisuuden sivutuotteita tavoitteena tutkia mahdollistaisiko niiden käyttö turvemaalla kannattavan perunan viljelyksen. Toisena tavoitteena oli selvittää, onko teollisuuden sivutuotteilla maata parantavia vaikutuksia. Pellolle sijoitetut teollisuuden sivutuotteet olivat kipsisakka, kuitusavi, kuituliete, biohiili sekä biomädäte.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään tärkkelysperunan viljelyä maaperän, ilmaston sekä ravinteiden osalta. Lisäksi teoriaosuudessa käsitellään turvemaan ominaisuuksia viljelyn näkökulmasta. Myös kokeessa käytettyjä teollisuuden sivutuotteita on käsitelty teoriaosuudessa.

2 TÄRKKELYSPERUNAN VILJELY

Suomessa perunaa on viljelty vuonna 2016 noin 22 000 hehtaarin alalla. Tästä alasta tärkkelysperunaa on viljelty 6 400 ha alalla. Loput viljelyalasta ovat olleet varhais-, ruoka-, ruokateollisuus- sekä siemenperunanviljelyksessä. Tärkkelysperunan osalta lähes puolet (48%) viljelyalasta sijoittui vuonna 2016 Etelä-Pohjanmaan alueelle. Toisena suurena tärkkelysperunan viljelyalueena oli Satakunta, jossa tärkkelysperunaa viljeltiin 40 % Suomessa viljeltävästä tärkkelysperunan viljelyalasta. Tärkkelysperunan viljelyn keskittyminen Etelä-Pohjanmaan sekä Satakunnan alueille johtuu alueiden sijainnista tärkkelysperunatehtaiden suhteen. (MTK 2017.) Vuonna 2017 tärkkelysperunatehtaille on toimitettu 169 062 864 kilogrammaa

tärkkelysperunaa, jonka keskimääräinen tärkkelyspitoisuus on ollut 17,98% (Tärkkinetti n.d.).

Perunatärkkelystä käytetään elintarvikkeena sekä lääke-, tekstiili-, puu- ja paperiteollisuudessa sidosaineena. Lisäksi tärkkelysperunan muita osia käytetään eläinten rehuna ja lannoitteena. Perunan tärkkelys on 100% biohajoavaa, joten siitä valmistetaan esimerkiksi kertakäyttölautasia. Tärkkelyksestä voidaan myös liuottaa etanolia. (CIP International Potato Center n.d.) Suomessa tärkkelysperunan käyttökohteet poikkeavat muista Euroopan maista, sillä tuotetusta tärkkelyksestä noin 95% päätyy paperiteollisuuden käyttöön. Euroopassa sen sijaan suurin osa tärkkelyksestä päätyy elintarviketuotantoon. (Lavonen, Leino & Kivimäki 2001, 10.)

Tärkkelysperunan tuotannossa laadulla on merkitystä. Tärkkelysperunan tuotannon laatuvaatimukset poikkeavat ruokaperunan laatuvaatimuksista. Tärkkelysperunan tärkeimpänä laatuominaisuutena on tärkkelyspitoisuus sekä satotaso. Alhaisella tärkkelyspitoisuudella sekä satotasolla niin viljelijä kuin teollisuuskin kärsivät taloudellisia tappioita. Toisena tärkeänä laatuvaatimuksena tärkkelysperunan tuotannossa on tehtaalle tulevan tärkkelysperunan puhtaus. Epäpuhtaudet, kuten ylimääräinen maa-aines, alentavat tuottajan sadosta saamaa hintaa lisääntyneiden rahtikustannusten johdosta. (Kangas, Partanen, Rahkonen & Sillanpää 2001, 34-35.)

Tärkkelysperunalla on omat vaatimuksensa, jotta se menestyy ja tuottaa mahdollisimman hyvän sadon, jonka tärkkelyspitoisuus on korkea. Jotta tärkkelysperunan tuotanto olisi kannattavaa, vaaditaan perunan viljelyn kaikkien osa-alueiden, kuten siemenperunan terveyden, lannoituksen, viljelyn maalajin valinnan, korjuuajan, sadettamisen ja varastoinnin onnistumista. (Kangas ym. 2001, 38.)

Tärkkelysperunan siementuotannossa taudinkestävyys, esimerkiksi ruven, ruton, Y-virustaudin ja maltokaaren kestävyys on tärkeää. Kun siemenperuna on taudinkestävä, myös siemenperunan varastointikestävyys nousee. Siementuotannossa myös tasakokoisten mukuloiden tuottokyky on tärkeää, jotta laadukasta siemenperunaa saadaan tuotettua ja mukulat säilyvät talven yli. (Kangas ym. 2001, 34-35, 38.)

2.1 Maaperä

Hyvänlaatuinen maa luo perustan onnistuneelle perunan viljelykselle. Maaperän rakenteen tulisi täyttää muutamat perusvaatimukset, jotta perunan kasvu olisi suotuisaa. Peruna vaatii kasvuunsa ilmavuutta, kosteutta sekä lämpöä. Tämä johtuu siitä, että peruna tarvitsee kasvaakseen paljon happea ja vettä. Kuohkeissa maissa perunan juuristo ja rönsyt pääsevät kehittymään esteittä. Hyvärakenteisessa maassa kasvien mikrobiston ja juuriston kasvuolosuhteet ovat suotuisat ja kasvit pääsevät ottamaan ravin-

teita laajalta alueelta sekä ravinteet pidättyvät kasvien käyttöön. Kun ravinteet ovat kasvin käytössä, ravinteiden huuhtoutuminen sekä ilmasto-kuormitus vähenevät.

Peruna on matalajuurinen kasvi. Sen juuristo yltää korkeintaan metrin syvyyteen, mutta suurin osa juuristosta ulottuu vain muokkauskerrokseen. Lisäksi juuristo on suhteellisen ohut. Hyvärakenteisessa maassa vesi nousee kapillaarisesti pohjakerroksista matalajuurisen perunan käyttöön. (Paalo 2007, 21-22.; Tuomisto 2016, 5.; Ahvenniemi 1994.)

Peruna viihtyy hyvin hieman happamassa maaperässä, jonka pH on 5,8 – 6,7 (Farmit n.d.). Tärkkelysperunalla maan pH voi olla korkeampi kuin ruokaperunaa viljeltäessä. Esimerkiksi perunaruvien riski on korkeampi mitä emäksisempi maa on. Tärkkelysperunan ulkoisen laadun ei tarvitse olla niin hyvä kuin ruokaperunalla ja tämän myötä tärkkelysperunaa voidaan viljellä korkeamman pH:n omaavilla mailla. Korkeampi pH lisää useimpien ravinteiden imeytymistä ja näin ollen tärkkelysperunan kasvu tehostuu.

Peruna menestyy kuohkeissa, hiekansekaisissa multamaissa sekä kosteutta hyvin pitävissä ja lämpöisissä hietamaissa. Maalajeista perunan viljelyyn soveltuvat hietä (Ht), hieno hietä (HHt), karkea hietä (KHt) ja lisäksi liejusavi (LjS). Nämä maalajit ovat hyviä säilyttämään rakenteensa. (Virtanen 2013,9.)

Hietamaiden kasvun kannalta positiivisena ominaisuutena on maan nopea lämpeneminen keväisin. Heikkoutena hietamailla on ravinneköyhyys sekä huono vedenpidätyskyky. Hietamailla ravinteiden huuhtoutuminen onkin huomattavaa. (Virtanen 2013, 9). Karkeiden ja hienojen hietamaiden ominaisuudet vedenpidätyskyvyssä eroavat toisistaan. Karkean hiedan vedenläpäisykyky on hyvä, eikä se ole altis kuorettumiselle. Hieno hietä sen sijaan pidättää vettä paremmin ja veden kapillaarinen nousu on tehokkaampaa (Energiakasvien viljely -simulaattori n.d.) Liejusaven ominaisuuksiin kuuluu helppo muokkautuvuus sekä hyvä ravinnetaso. Lisäksi liejusavi läpäisee hyvin vettä, sekä pidättää ravinteita. (Virtanen 2013, 9.)

Hankaluuksia tärkkelysperunan viljelyssä ilmenee savimailla. Savimaat ovat kylmiä sekä tiiviitä eikä niiden rakenne sovi perunan viljelyksessä käytettäville koneille. Savimaiden tiiviys aiheuttaa mukuloiden kulmikkuutta sekä sadon alenemista. Ravinteiden osalta savimaat olisivat sopivia tärkkelysperunan viljelyyn. (Paalo 2007, 21-22; Virtanen 2013, 9.)

Tärkkelysperunan viljelyssä vaatimukset maalajin suhteen eroavat verrattuna ruokaperunan viljelyyn. Tämä johtuu muun muassa siitä, että tärkkelysperunan ulkonäöllä ei ole tuotannon kannalta merkitystä. Kuitenkin viljelytekniikka tulee olla haastavimmilla maalajeilla hallussa ja ongelmia voi syntyä muun muassa perunan istutuksen sekä noston yhteydessä, jos perunaa viljellään esimerkiksi savisilla mailla. (Paalo 2007, 21-22; Rajaoja & Järvinen 1969, 24.)

2.2 Ilmasto

Ilmasto vaikuttaa perunan sadon sekä tärkkelyksen muodostumiseen. Peruna viihtyy viileässä ilmastossa, minkä seurauksena sen viljely sopii myös Suomen olosuhteisiin. Vaikka peruna viihtyy viileässä ilmastossa, on hyvä ottaa huomioon, että se on kuitenkin hallalle arka. Hallan arkuus voi tuoda haasteita perunan viljelyyn alku- tai loppukasvukaudesta, jolloin hallayöt voivat palelluttaa kasvuston. Arimmillaan perunan kasvusto on pakkaselle kasvuston olleessa 15 – 20 cm korkuinen. Harsokatteen käytöllä voidaan pienentää alkukasvukauden paleltumisriskiä. Myös liian lämpimällä ilmastolla on vaikutusta perunan kasvuun. Jos lämpötilat eivät laske edes yöllä alle 20 asteen perunan kasvu hidastuu. (Kerr 2012.)

Suomessa kesän ollessa lyhyempi verrattuna esimerkiksi Keski-Euroopan maihin tärkkelyspitoisuus voi laskea. Tämä johtuu siitä, että perunalajikkeiden tärkkelyspitoisuus kasvaa vasta myöhäisessä kasvun vaiheessa. Jos perunat joudutaan esimerkiksi nostamaan liian aikaisin, jolloin perunat eivät ole vielä täysin tuleentuneet, voi tärkkelyspitoisuus jäädä alhaisemmaksi mitä lajikkeelle olisi ominaista. (Järvinen & Rajaoja 1969, 11-12.)

Lämmin ja kuiva kasvukausi suurentavat tärkkelyspitoisuutta. Satotasot ovat kuitenkin suurempia sateisen sekä melko viileän kesän aikana. Myöhäisten lajikkeiden ongelmana Suomessa on, jos elokuun jälkipuoliskolla on lämmintä ja kosteaa. Lämmin ja kostea keli lisäävät ruttopainetta. Jos kesällä ruttopaine on korkea, ruttoruiskutukset tulee pitää ajan tasalla. (Järvinen & Rajaoja 1969, 12.)

Myös Suomen sisäisiä alueellisia eroja havaitaan Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä, jossa tärkkelyspitoisuus voi Pohjois-Suomeen mentäessä laskea lämpösumman laskiessa. Valo aikaistaa tuleentumista ja tämä kompensoi hieman kasvukauden lyhyydestä sekä lämpösumman pienenemisestä johtuvaa tärkkelyspitoisuuden menetystä. (Järvinen & Rajaoja 1969, 11-12.)

2.3 Ravinteet ja lannoitus

Tärkkelysperunan tuotannossa lannoituksen kanssa tulee olla tarkkana. Vääränlaisella lannoituksella tärkkelyspitoisuus voi laskea ja näin ollen tuotannon kannattavuus heikkenee. Oikealla lannoituksella saadaan tärkkelyspitoisuudet kasvamaan sekä viljelyteknisistä taikka sääolosuhteista johtuvia sadonalennuksia saadaan paikattua. Lannoitus vaikuttaa perunan laatuun suoraan niin, että monet ravinteet osallistuvat perunan laatu- ja muodostusprosesseihin. Välillisesti lannoitus vaikuttaa perunan kehitykseen tuleentumisen sekä kasvurytmin kautta. (Kuisma 2002, 1; Rajaoja & Järvinen 1969, 44.)

Tärkeimmät ravinteet, joita peruna vaatii kasvuun, ovat typpi, fosfori, kalium, kalsium ja magnesium. Näistä ravinteista tärkkelyksen muodostumisen kannalta tärkeitä ovat kalium, kalsium sekä magnesium. Tärkkelyksen

muodostuksen kannalta typen ja fosforin merkitys on pieni. Nämä ravinteet kuitenkin ovat muuten välttämättömiä kasvun kannalta, sillä ne vaikuttavat kasvuston kehitysrytmiin sekä tuleentumiseen. (Kuisma 2002, 1.)

Koska tärkkelysperunan tuotannossa tavoitellaan suuria tärkkelyssatoja, tärkkelysperunan lannoitukseen käytetään normaalia suurempia typpimääriä. Korkeammalla typpilannoitustasolla tavoitellaan suurempaa mukulakokoa. Typpilannoituksen säätelyssä tulee ottaa huomioon kuitenkin tärkkelysperunan tuleentuminen. Korkea typpilannoitus viivästyttää perunan tuleentumista. Tämän myötä tärkkelyspitoisuudet voivat jäädä kasvukauden lyhyiden puitteissa liian pieniksi, jolloin typpilannoituksesta ei saada toivottua hyötyä. Kaliumia sen sijaan voidaan tärkkelysperunalle antaa vähemmän kuin ruokaperunalle. Tämä johtuu siitä, että kalium vaikuttaa perunan sisäiseen laatuun, joka ei ole tärkkelysperunan tuotannossa ensisijaisena laatuvaatimuksena. (Farmit n.d.)

Sivu- ja hivenravinteiden, kuten kupari, mangaani, sinkki, rauta, molybdeeni ja nikkeli, pitoisuudet ovat yleensä maaperässä riittävät. Näiden ravinteiden pitoisuuksien ylläpitoon riittääkin usein kalkituksesta ja muusta lannoituksesta saadut ravinteet. Jos viljavuustutkimuksissa esiintyy selvää puutosta kyseisten ravinteiden osalta, tulee tilanteeseen puuttua. (Kuisma & Saarela 2001, 55.)

Kalkituksen osalta perunan viljelyssä kannattaa ottaa huomioon se, että perunan vaatima pH on alhaisempi kuin useilla muilla viljelyskasveilla. Tärkkelysperuna vaatii hieman korkeamman pH-arvon kuin ruokaperuna optimaalisen pH-arvon ollessa 6,3-6,7 (Kuisma & Saarela 2001, 56). Kalkitua olisi hyvä tehdä jaettuna kalkituksena pienehköllä kerta-annoksella välikasvin viljelyn yhteydessä. Kalkitus on myös perunan viljelyssä kannattavaa, sillä kalkki sisältää kasvun kannalta tärkeää magnesiumia ja kalsiumia. (Farmit n.d.)

2.3.1 Typpi

Pääravinteista typen merkitys on tärkeä sadonmuodostuksen kannalta, sillä se vaikuttaa perunan kasvuun sekä mukulasadon muodostukseen. Typen tarve perunan kasvussa on suurimmillaan kasvukauden alussa sekä kasvukauden loppupuoliskolla. Kasvukauden alussa maaperästä ei vapaudu typpeä riittävän nopeasti perunan kasvuun, sillä peruna käyttää typpeä kasvukauden alussa varsiston kasvuun. Kasvukauden loppupuolella sen sijaan typpeä tarvitaan mukulasadon lisäkasvun aikaan. 70 – 80 % kokonaistypenotosta sitoutuu mukulasatoon ja typpeä peruna ottaa kasvukauden aikana keskimäärin 100-180 kg/ha. (Energiapaju n.d.; Kuisma 2002, 1.)

Typen puutosoireet ilmenevät kasvustossa kasvuston vaalentumisena sekä kitukasvuisuutena. Jos puutosoireet ovat suuret, perunan vanhimmat lehdet kellastuvat. Puutosoireet ilmenevät parhaiten maaperässä, jonka pH

on liian korkea tai liian matala tai jonka orgaanisen aineksen määrä on vähäinen. Myös kevyillä mailla esiintyy puutosoireita typen huuhtoutumisriskin takia. (Yara n.d.)

Tärkkelysperunan typpilannoituksen perustarve on 80 kg N/ha. Typpilannoituksen määrään vaikuttavat kuitenkin maaperä sekä esikasvivaikutus. Multavilla mailla, joiden esikasvina on ollut palkokasvi, tulee olla tarkkana typpilannoituksen suhteen. Tämä johtuu esikasvivaikutuksesta, jonka seurauksena kasville käyttökelpoista typpeä saattaa vapautua kesän aikana useita kymmeniä kiloja. Liiallinen typpilannoitus viivästyttää perunan tuleentumista ja vaikuttaa negatiivisesti sadon tärkkelyspitoisuuksiin. Karkeilla kivennäismailla riskinä on typen huuhtoutuminen pohjavesiin tai ojituksen kautta vesistöihin, jolloin typpi ei ole enää kasvin käytettävissä. Lannoituksella saadaan yhden typpikilon lisäyksellä enimmillään 80-120 kg sadonlisäys/ha. (Kuisma 2002, 1-2.) Ympäristötukijärjestelmä asettaa rajat typen käytölle.

2.3.2 Fosfori

Fosfori on keskeinen ravinne perunan energiataloutta, yhteyttämistä sekä perintötekijöiden säilyttämistä ja siirtoa vaativissa elintoiminnoissa. Fosfori varmistaa perunan alkukehityksen ja vähentää liiallisen typpilannoituksen haittavaikutuksia. Kokonaisuudessaan peruna käyttää fosforia 20-30 kg/ha. Esimerkiksi verrattuna typpeen fosforin tarve on perunalla kohtuullisen pieni. Fosforimäärät lannoituksessa ovat ympäristötukijärjestelmän rajoittamia eikä liikalannoituksen vaikutuksia tunneta. Puutosoireet sen sijaan ilmenevät tärkkelyspitoisuuden muodostumisen häiriöinä sekä liiallisen typen vaikutukset tulevat fosforin puutoksessa räikeämmin esiin. (Kuisma 2002, 2-3.)

Maassa olevan lannoitefosforin hyväksikäyttö on vain 10-30%. Tämän takia fosforia joudutaan antamaan paljon enemmän kuin mitä sadon mukana poistuva määrä on. Happamilla mailla fosfori pidättyy erityisen voimakkaasti maaperään. Fosforilannoitus on tehokkainta antaa sijoituslannoituksena, jotta ravinteet olisivat juurten ulottuvilla ja käytettävissä. Fosforia tulisi antaa vain sen verran mitä kasvi tarvitsee ympäristötukien sallimissa rajoissa. Jos viljelykiertosuunnitelmassa on muita vähemmän fosforia tarvitsevia kasveja kuin peruna, voidaan tasausjärjestelmän turvin perunalle antaa suurempi lannoitusmäärä fosforia. (Kuisma 2002, 2-3.)

2.3.3 Kalium

Kalium on keskeinen ravinne perunan vesitaloudessa sekä erittäin tärkeä ravinne perunan tärkkelyksen muodostamisessa. Jos peruna kärsii kaliumin puutoksesta, sen tärkkelyssynteesi häiriintyy. Liiallinen kaliumin saanti sen sijaan alentaa tärkkelyspitoisuutta, haittaa kalsiumin sekä magnesiumin ottoa sekä viivästyttää tuleentumista. Peruna ottaa kaliumia

maaperästä runsaasti vuotuisen kokonaistarpeen ollessa 150-300 kg/ha. Mukulasadon mukana kaliumia poistuu 110-250 kg/ha. (Kuisma 2002, 3.)

Kaliumin puutos ilmenee kasvustossa ensimmäisenä lehtien reunojen sekä kärkien tummumisena. Puutos aiheuttaa laadullisia vahinkoja perunan mukuloissa kuiva-ainepitoisuuden kasvamisen sekä mukulan tummumisen muodossa. Mukulan tummumista ilmenee raaka- sekä kypsätummumisenä. Kaliumin liiallinen puutos myös aiheuttaa altistumista kasvin kuivumiselle ja tämän myötä kasvukauden lopulla tapahtuvalle ränsistymiselle. Kaliumin puutosoireet kasvustossa muistuttavat hyvin paljon kuivumisen sekä fosforin puutoksen aiheuttamia oireita. (Rahkonen 2006.)

Kaliumlannoituksessa tärkeää on antaa kaliumia vain tärkkelyksen muodostumisen turvaava määrä. Karkeat hiekka- sekä hietamaat ovat alttiimpia kaliumin puutoksille, sillä niiden ravinteidenpidätyskyky on heikko. Keväällä suositellaan annettavan kaliumia korkeintaan 150kg/ha ja puutosoireiden ilmetessä lehtilannoitusta voidaan antaa kasvukaudella 10kg/ha. Jos pellon kaliumluku on yli 200 mg K/l, kaliumlannoituksen tarvetta ainaakaan kasvinvuorotusta käyttävillä pelloilla ei ole. (Kuisma 2002, 3; Rahkonen 2006.)

2.3.4 Kalsium

Kalsium vaikuttaa kasvin soluseinämän rakentumiseen lisäämällä soluseinämän kestävyyttä sekä vahvuutta. Perunan mukulat kestävät paremmin virus- sekä sienitauteja, kun kalsiumia on saatavilla riittävästi. Kalsium myös auttaa kaliumin kulkeutumisesta kasvilla. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että liiallinen kaliumin saanti heikentää kalsiumin ottoa. Kuivina kasvukausina kalsium parantaa perunan kuivuudensietokykyä, koska se säätelee kasvin lehtien ilmarakojen toimintaa. (Kuisma 2002, 4; Yara n.d.) Kasvukauden aikana peruna ottaa kalsiumia 50-70kg/ha. Suurin osa kasvin käyttämästä kalsiumista palautuu peltoon kasvukauden aikana. Mukulasatoon jää kasvukauden jälkeen noin 6% otetusta kalsiumista. (Kuisma 2002, 4.)

Kalsiumin puutos kasvustossa näkyy perunan mukuloista sekä kasvin ylimpien lehtien käpertymisestä alaspäin. Lehdistä näkyvä kalsiumin puutos havaitaan yleensä vasta vakavana puutosoireena. Perunan mukulat voivat näyttää puutosoireet mukuloiden sisäisenä tummumisena taikka ”onttoina” mukuloina. Puutosoireet kasvustossa näkyvät ensimmäisenä mukuloissa mustanruskeina alueina ja mukuloissa havaittu kalsiumin puutos ilmenee kasvustossa ennen lehtien käpertymistä. Kasvuhalkeamia esiintyy myös kalsiumin puutoksen yhteydessä. (Yara n.d.)

Kalsiumlannoituksessa tärkeää on, että maan viljavuudessa kalsium-magnesium-suhde olisi 10:1. Tällöin peruna pystyy ottamaan ympäröivästä maaperästä tarvitsemansa määrän kalsiumia. (Kuisma & Saarela 2001, 60.)

2.3.5 Magnesium

Magnesiumin tehtävänä kasvustossa on toimia soluseinien sekä lehtivihreän rakenneosana. Lisäksi magnesiumia tarvitaan energiansiirtoreaktiossa. Puutosoireet hidastavat tärkkelyksen kehitystä ja näin ollen alentavat mukuloiden tärkkelyspitoisuutta. Jos pellon kaliumluku on korkea, magnesiumin otto maaperästä heikkenee. (Rahkonen 2006.) Peruna ottaa magnesiumia maaperästä kasvukauden aikana noin 15-25 kg/ha (Kuisma 2002, 4).

Magnesiumin puutos havaitaan kasvustossa vanhimpien lehtien lehtisuonten ympärystön vaalenemisena, lopulta alueet kellastuvat ja muuttuvat ruskeiksi. Puutoksen ilmeneminen kasvustossa havaitaan sitä aikaisemmin, mitä suurempi magnesiumin puutos kasvustossa on. (Rahkonen 2006.)

Magnesiumlannoituksen antaminen on suositeltavaa, jos maaperän magnesium-luku on huono tai välttävä. Tällöin magnesiumia olisi hyvä antaa ennen perunan istutusta 30-60kg/ha lisälannoituksena. Jos puutosoireet ilmenevät kasvustossa kasvukauden aikana, voidaan magnesiumia antaa lehtilannoituksena 2-3kg Mg/ha 400 l vettä. Jos maaperän magnesiumpitoisuus on heikko, voidaan kalkituksessa käyttää esimerkiksi dolomiittikalkkia, joka sisältää magnesiumia. Lannoitusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, että liiallinen kaliumlannoitus syrjäyttää magnesiumin. (Rahkonen 2006.)

2.3.6 Rikki

Rikki edesauttaa parempaa sadonmuodostusta sekä sadon laatua. Rikillä on maata happamoittava vaikutus. Maan happamuus estää perunan laatuvirheitä, sillä esimerkiksi perunarupi ei viihdy happamissa olosuhteissa. Peruna ottaa rikkiä maaperästä kasvukauden aikana noin 15-25kg/ha. (Kuisma & Saarela 2001, 60.)

Rikin puutos ilmenee kasvustossa samoin oirein kuin typen puutos. Kasvuston lehdet ovat normaalia pienempiä sekä vaaleampia. (Yara n.d.)

Yleensä rikki on pellossa käyttökelvottomassa muodossa. Tämä johtuu siitä, että rikin sulfaatti eli käyttökelpoinen muoto huuhtoutuu herkästi veden mukana pois. Kuitenkin kloorivapaissa lannoitteissa rikkiä vapautuu maaperään riittävästi. (Kuisma & Saarela 2001, 60.)

2.3.7 Boori

Boori vaikuttaa rikin tapaan sadonmuodostukseen sekä laatuun (Yara n.d.). Boori on hivenravinne ja näin ollen sen kokonaistarve kasvustossa on

huomattavasti pää- ja sivuravinteita vähäisempi 0,5 kg/ha (Kuisma & Saarela 2001, 55).

Boorin puutos ilmenee kasvustossa nuorien lehtien paksuutena sekä rypisyytenä. Lehtien reunoilla ilmenee myös vaaleanruskeaa solukkoa, joka voi olla edennyt lehtisuonten väliin. Jos boorin puutos on vakava, lehdet kääntyvät ylöspäin. (Yara n.d.)

Boorilannoituksen tarve on yleisin silloin kun maan pH on liian emäksinen, sillä emäksinen maa vaikeuttaa boorin imeytymistä kasvin käyttöön. Jos viljavuustuloksissa havaitaan, että maan booripitoisuus on matala, tulisi käyttää lannoitetta, joka sisältää booria. (Yara n.d.)

2.3.8 Mangaani

Mangaania peruna tarvitsee lehtivihreän muodostamiseen sekä aineenvaihduntaan. Mangaanin puutos kasvustossa havaitaan kasvuston ylimpien lehtien kiillottomuutena sekä lehtien ylöspäin kääntymisenä. Puutosoireita nähdään myös lehtisuonien kloroottisuutena ja kellertyminä. Jos mangaanin puutos on suuri, lehtiin muodostuu kuoliolaikkuja. Mangaanin puutosoireet esiintyvät useimmin kalkkipitoisilla mailla, joiden pH on korkea. Maan pH:n tulisikin olla alle 6,5. Puutostilassa olevien kasvien juuriston taudinkestävyys heikkenee. (Rahkonen 2006.)

Normaaliolosuhteissa mangaani ei tarvitse lisälannoitusta vaan peruslannoitteet sisältävät tarvittavan määrän mangaania. Poikkeustapauksissa mangaania voidaan antaa lisälannoituksena joko mangaanikelatiittina, mangaanisulfaattina tai mangaaniravinteena. (Rahkonen 2006.)

3 SUOMEN SOIDEN KÄYTTÖ

Suomi on Viron ohella yksi maailman soisimmista maista. Suomessa kasvilisuiden perusteella suoksi luokiteltavien alueiden pinta-ala koko maan pinta-alasta on noin 30%. Suomessa soiden käyttökohteita on useita. Soita hyödynnetään maataloudessa, metsätaloudessa, turvetuotannossa sekä tutkimuksissa. Lisäksi soilla on myös kulttuurillinen arvo. Suomatkailu sekä rauhoitetut suoalueet ovat arvokkaita kansanperinteitä eliöstön, kasvuston sekä kulttuurin kannalta. (Päivänen 2008, 96-100.)

Metsätalous on yksi soiden käyttökohteista. Soiden käyttöönotto metsätalouteen on alkanut Suomessa 1866-1868 välisenä aikana, jolloin ensimmäiset soiden ojitukset on tehty. Järjestelmällinen ojitaminen on käynnistynyt Suomessa 1908. Soiden ojitamisen tarkoituksena on tällöin ollut järjestää töitä maattomille suomalaisille sekä lisätä uutta viljelykseen käytet-

tävää peltoalaa. Osa ojitetuista soista ei kuitenkaan päätynyt koskaan pelloiksi ja ojitetut alat metsitettiin. Suometsien osuus on 34% metsätalousmaasta. Suometsät ovatkin merkittävässä roolissa Suomen metsätalouden kannalta. (Päivänen 2008, 96-100.)

Soita käytetään myös turvetuotannossa. Teollinen turvetuotanto on alkanut Suomessa 1880-luvulla. Turpeesta saadaan energiaa sekä se on jalostusteollisuuden raaka-aine ja monipuolinen kasvualusta. Kaukolämpövoimalaitoksissa turpeesta tuotetaan suomalaisiin kotitalouksiin lämpöä sekä sähköä. Suomessa olevasta suopinta-alasta noin 0,6% on turvetuotannon käytössä. (Savolainen & Silpola 2008, 177-176, 183).

Suotutkimus aloitettiin sodan aikana vuonna 1941 Suomessa vallinneen polttoainepulan johdosta. Tutkimustoiminta aloitettiin 1942 Suo Oy:n Aitonevalle perustaman yrityksen johdolla. Tutkittiin soiden käyttömahdollisuuksia energiantuotannossa ja tehtiin muun muassa suoalueiden ojituskokeita. Ensimmäiset soiden metsityskokeet tehtiin vuonna 1954. Nykyisin suotutkimus on laajentunut esimerkiksi turvetuotannosta poistuvien suopohjien käyttömahdollisuuksien tutkimiseen. Suotutkimuksissa selvitetään muun muassa mahdollisuuksia viljelyskasvien kasvatukseen. Tutkimuksissa pyritään kartoittamaan taloudellisesti sekä ympäristöllisesti kannattavia menetelmiä. (Klemetti 2008, 101-105.)

3.1 Soiden maatalouskäyttö

Viitteitä turvemaiden käyttöön maanviljelyssä on löydetty jo 1300-luvulta. Turvemaiden viljelyn katsotaan kuitenkin alkaneen varsinaisesti 1600-luvulla. Keskiajalla turvemaita on Suomessa kuivattu viljelytarkoituksiin. Dokumentoituja kirjallisia viitteitä turvesoiden kuivauksesta maatalouskäyttöön löytyy 1700-luvulta. On arvioitu, että soita on kuivattu maatalouskäyttöön 0,7-1,0 miljoonaa hehtaaria. Tästä alasta osa on ajan myötä muuttunut multa- tai kivennäismaaksi turpeen kuluessa pikkuhiljaa viljelyksen myötä pois. Osa pelloista on poistunut viljelyksestä ja esimerkiksi metsitetty. Soiden raivausta maatalouskäyttöön tehtiin paljon toisen maailmansodan jälkeen väestönkasvusta johtuneen ravinnontarpeen lisääntymisen myötä. (Lappalainen 1998, 61-62; Myllys & Soini 2008, 93-94.)

Turvemaiden viljelyssä kehitettiin 1600-luvulla menetelmä, jossa turve-
maa kuivitettiin, pinta tasattiin ja sen jälkeen pintamaa poltettiin ja tuhkan sekaan sekoitettiin lantaa. Tällä menetelmällä maaperä pysyi ravinteikkaana muutaman vuoden ajan. Polttoviljelyn seurauksena turvemaiden ravinnevarat, muun muassa typpi, hävisivät maaperästä nopeasti. Tämän vuoksi kivennäismaan lisääminen maanparannusmenetelmänä yleistyi turvemaiden viljelyssä. Ennen väkilannoitusta ja kalkitusta näillä menetelmillä turvemaiden ravinnepitoisuudet saatiin pidettyä hyvinä. (Lappalainen 1998, 61-62; Myllys & Soini 2008, 93-94.)

Nykyisin turvemaita sekä aiemmin turvemaina olleita multamaapeltoja, joista turve on kulunut ajan myötä pois, on Suomessa viljelyksessä noin 300 000 ha (Lappalainen. 1998, 61-62; Myllys & Soini 2008, 93-94). Turvemaita ei nykyisin juurikaan raivata pelloiksi ja suuri osa ennen viljellyistä suopelloista on metsitetty tai ovat metsittyneet ajan kuluessa (Päivänen 2007, 305).

3.2 Turvemaiden ominaisuudet

Turvemaat ovat lähinnä suokasvien jätteistä muodostuneita maita ja niiden orgaanisen aineksen osuus on vähintään 40% kuivapainosta. Tämän vuoksi turvemaat luokitellaan eloperäisiksi maalajeiksi. Turvemaat voidaan luokitella kasvijätekoostumuksensa mukaan joko saraturpeisiin tai rahkaturpeisiin riippuen siitä, minkä tyyppistä kasvijätettä turvemaat sisältää. (Aura, Hartikainen, Heinonen, Jaakkola, Kemppainen 1992, 31.)

Turvemaiden rakenteellisiin ominaisuuksiin kuuluu keveys ja huokoisuus. Lisäksi niillä on hyvä vedensitomiskyky. Vedensitomiskyvyn vuoksi turvemaat ovat usein kylmiä ja lämpenevät keväisin hitaasti. Tämä ominaisuus heikentää kasvien kasvua, etenkin jos sääolosuhteet ovat keväällä kylmät ja sateiset. Tällöin maaperä on istutuksen aikaan liian kostea ja kylmä, minkä seurauksena kasvin taimettuminen ja kasvu hidastuu. Asiaa voidaan korjata turvemaiden onnistuneella ojituksella. Toisaalta vedenpidätyskyky tuo kasvien käyttöön myös moninkertaisen määrän vettä kivennäismaihin verrattuna. (Myllys 2008, 138-143.)

Koska turvemaat ovat keveitä ja huokoisia, niiden mekaaninen vastus on pieni. Kasvien kasvun kannalta juurikasvit kasvavat hyvin turvemaidella. Esimerkiksi porkkanan viljelyksessä kasvi kasvaa kauniin muotoiseksi, mikä on tärkeä laatutekijä kyseisellä kasvulla. Haastetta maaperän huokoisuus luo heikon kantavuuden myötä. Jos kasvukausi on sateinen ja pellon vesitalous ei ole kunnossa, minkä seurauksena pelto on märkä, haasteita viljelytoimenpiteisiin syntyy kylvämisen, kasvinsuojelutoimien sekä sadonkorjuun yhteydessä. (Myllys 2008, 138-143.)

Turvemaat ovat vähäravinteisia sekä happamia. Ravinteiden osalta turvemaat eroavat huomattavasti kivennäismaista pääravinteiden sekä niiden määrien sekä pitoisuuksien osalta. Typpipitoisuudet ovat turvemaidella kivennäismaita suuremmat ja kalium-, fosfori- sekä kalsiumpitoisuudet pienempiä. (Aura ym. 1992, 32; Myllys 2008, 138; Päivänen 2007, 76-78.)

Turvemaiden viljavuuteen vaikuttaa turvelajin maatuneisuus sekä turvelaji. Eri turvelajeilla on eroja ravinnepitoisuuksissa. Turvemaan kokonaisravinnemäärästä osa on sitoutuneena orgaanisen aineksen molekyylirakenteisiin ja vapautuu kasvin käyttöön vasta mahdollisen hajotustoiminnan myötä ja osa on välittömästi kasvin käytössä. Erot ravinnepitoisuuksissa johtuvat eri suotyyppien vaihtelevista tiheyksistä. Parhaiten viljelyyn sopivat keskinkertaisesti maatuneet turpeet. Turpeen maatuneisuudella on

kasvin typensaannin kannalta merkitystä, sillä pitkälle maatuneet turpeet vapauttavat enemmän tyypeä kasvien käyttöön kuin heikosti maatuneet turpeet. (Aura ym. 1992, 32; Myllys 2008, 138; Päivänen 2007, 76-78.)

3.3 Perunantuotanto turvemaalla

Vaikka perunan viljely turvemaalla on turvemaan kasvualustan puolesta suotuisaa, on perunan viljelyssä turvemailla omat haasteensa. Ensimmäisenä haasteena on turvemaiden kylmyys. Turvemaat lämpenevät keväällä hitaasti, minkä vuoksi maan lämpötila voi jäädä turvemailla muita maalojeja alhaisemmaksi. Kylmyys alentaa tärkkelyspitoisuutta sekä viivästyttää perunan kasvuun lähtemistä. Esimerkiksi kivennäismaihin verrattuna maanperän lämpö jää herkästi alhaisemmaksi, eikä tärkkelystä ehdi muodostua niin paljon kuin kivennäismailla. (Virtanen 2013, 9.) Jos turvemaalla viljellään perunaa, käytössä olisi hyvä olla aikainen tai keskiaikainen lajike. Toinen sääolosuhteisiin liittyvä haaste turvemaan viljelyssä on alavien maiden riski hallalle. Halla aiheuttaa sadonmenetyksiä, jos kasvusto paleltuu hallan vaikutuksesta. (Järvinen & Rajaoja 1969, 25.)

Viljelytekniset haasteet voivat olla esteenä turvemaiden onnistuneeseen viljelyn kannalta. Perunan istutus- ja nostokoneet ovat usein suuria ja painavia. Tämä hankaloittaa viljelytekniesten toimenpiteiden suorittamista, sillä kosteus ja pellon kantokyky turvemailla vaihtelee. Viljelytekniisiä haasteita voidaan lieventää pitämällä pellon vesitalous kunnossa oikeanlaisen ojituksen avulla. Kun pellon vesitalous on hallinnassa, pellon kantokyky kasvaa. (Järvinen & Rajaoja 1969, 25.)

Lannoituksessa turvemailla tulisi käyttää varovaista typpilannoitusta. Tämä tulee huomioida etenkin silloin, kun pellon turpeen maatuneisuus on korkea. Magnesium- ja kalsiumlannoituksen huomioon ottaminen on tärkeä viljeltäessä perunaa turvemailla, sillä turvemaat sisältävät vähän näitä ravinteita ja peruna tarvitsee näitä ravinteita kasvuunsa. (Järvinen & Rajaoja 1969, 25.)

4 TEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEET

Lannoitteiden sekä teollisesti tuotettujen maanparannusaineiden käyttö on murroksessa. Fosforin valmistaminen keinotekoisesti ei ole mahdollista ja louhittavat fosforivarat ovat ehtymässä. Lisäksi keinotekoisien peltojen lannoittamisen seurauksena maan hiilivarastot ovat vähenneet. Tämän seurauksena maaperässä oleva fosfori on muuttunut kasveille käyttökelvottomaan muotoon. Ravinteiden kierrätysmahdollisuuksia tulisi tutkia. Teollisuudesta jääneet sivutuotteet ovat hyvä tapa tehostaa ravinteiden

kuten fosforin kierrätystä, sillä ne lisäävät maaperän hiilivarastoja ja muuttavat käyttökelpottomia fosforivaroja käyttökelpoiseen muotoon. (Eskonen 2010, 9.)

Teollisuuden sivutuotteilla on myös muita hyödyllisiä ominaisuuksia. Ominaisuudet vaihtelevat eri teollisuuden sivutuotteiden välillä. Kuitenkin yleisesti voidaan todeta niiden parantavan maan rakennetta, vedenpidätyskykyä, kationivaihtokapasiteettia, eroosion kestokykyä sekä hiilitasetta. Maanviljelyksen kannalta esimerkiksi humuspitoisuuden noususta johtuva maanrakenteen parantuminen lisää maan viljavuutta. Teollisuuden sivutuotteita käytettäessä ravinteet vapautuvat hitaasti kasvien käyttöön ja ne lisäävät mikrobien sekä kasvien hyvinvointia. (Eskonen 2010, 9.)

Vuonna 2011 voimaan tulleen jäteverolain myötä teollisuuden sivutuotteet, kuten kuitulietteet, kuitusavet sekä voimalaitostuhkat on luokiteltu jätteiksi, joista tulee maksaa jäteveroa 70e/t. Tämän vuoksi on ryhdytty aktiivisesti tutkimaan eri teollisuuden sivutuotteiden käyttömahdollisuuksia maanparannusaineina. Tutkinnan ja eri hankkeiden kautta kartoitetaan eri käyttömahdollisuuksia teollisuuden sivutuotteiden käyttökohteiksi. Tavoitteina on löytää taloudellisesti kannattavia sekä ympäristöllisesti kestäviä loppusijoituskohteita, jotka myös ovat hinnoiltaan kilpailukykyisiä teolisiin lannoitteisiin verrattaessa. (Kankaala & Kuokkanen 2014-2015, 4.)

4.1 Kipsisakka

Yleisesti kipsiä käytetään kipsilevyjen ja sementin valmistuksessa, lannoitteena sekä rakennuspäällysteenä. Suomessa kipsilevyjä valmistetaan vuositasolla yhteensä noin 20 miljoonaa m². Tästä määrästä vuositasolla syntyvän kipsijätteen määrä on 14 000 - 20 000 tonnia. Ylijäämästä vain osa päätyy tällä hetkellä kierrätykseen. Osa kipsijätteestä on myös kierrätyskelvotonta muun muassa sen sisältämien naulankappaleiden vuoksi. Kierrätykseen kelpaamattoman jätteen hävitys tapahtuu kaatopaikoilla, joissa kipsijätteestä maksetaan jätevero 70e/tn. (Kuokkanen 2016, 9-10.)

Kipsiä käytettäessä peltoviljelyssä sillä on kyky sitoa fosforia ja muuntaa fosforia kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Lisäksi se parantaa maan mururakennetta, minkä seurauksena se estää ravinteiden huuhtoutumista pelloilla. Mururakenteen paranemisen myötä pellon eroosionsietokyky kasvaa ja fosforin valuminen vesistöihin vähenee. (Aluehallintovirasto 2010, 4.)

4.2 Kuitusavi

Kuitusavea syntyy paperitehtaiden jäteveden mekaanisen esiselkeytyksen yhteydessä. Se on primäärilietettä, joka sisältää kalsiumkarbonaattia 85% sekä selluloosakuitua 15%. Keskikokoinen paperitehdas muodostaa vuosittain lähes 30 miljoonaa kiloa kuitusavea. (Tuomisto 2013, 25.) Kuitusavea

voidaan käyttää erilaisissa rakennuskohteissa kuten kaatopaikka- sekä liikuntapaikkarakentamisessa pintakerrosten tiivistysrakennusmateriaalina (Metsätissue n.d.).

Peltoviljelyn näkökulmasta kuitusavella on kalkitusvaikutus. Kuitusaven käyttöä kalkituksessa voidaan pitää ekologisempina vaihtoehtona kuin perinteistä kalkitusta. Kuitusavi on ekologisempi vaihtoehto, sillä kalkin valmistuksessa vapautuu enemmän hiilidioksidia $400 \text{ m}^3/\text{kalkkitonni}$. (Tuomisto 2013, 25.)

4.3 Kuituliete

Suomessa teollisuuden sivutuotteena syntyy kuitulietettä noin 750 000 t/v. Teollisuudelle kuituliete on ollut tähän mennessä jätettä, josta on hankkiuduttu eroon viemällä kuituliete kaatopaikalle tai polttamalla. Kuituliete on melko kosteaa ja sen kosteuspitoisuus on tyypillisesti 80-90%. Tämän vuoksi energiantuotannon näkökulmasta kuitulietteen polttaminen ei ole kovin kannattavaa taloudellisesti. (Kuokkanen, Kuokkanen, Tuomisto, Virtanen 2015, 18-19.)

Bioteknisesti modifioitu kuituliete on varteenotettava vaihtoehto maanparannusaineeksi sen kemiallisen puhtauden ansiosta. Puukuitulietettä muodostuu paperi- sekä selluteollisuuden sivutuotteena. Puukuituliete sisältää niukasti ravinteita, mutta hitaasti hajoavan orgaanisen aineksen määrä on suuri. Tämän vuoksi kuitulietettä levitettäessä pellolle saadaan peltoon orgaanista ainesta. Kuitulietteen sisältämä kuitu pidättää kosteutta, parantaa pieneliöstön olosuhteita sekä lisää maan biologista aktiivisuutta. Hiilipitoinen puukuitu myös sitoo typpeä ja voi vähentää typen huuhtoutumista. Kuitulietteen vaikutuksia voidaan myös tehostaa lisäämällä siihen sopivia ravinteita. Näin siitä on hyötyä niin lannoitteena kuin maanparannusaineenakin. (Kuokkanen ym. 2015, 18-19.)

4.4 Biohiili

Biohiili eli torrefioitu puuhake on biomassapohjainen tuote, joka on käsitelty termisesti. Biohiiltä syntyy pyrolyysipolttoainetuotannon sivutuotteena sekä biomassojen kaasutuksen yhteydessä. Biohiili on kuivatustislauksen huokoista jäännöstä, jossa alkuainehiilen osuus on 85 – 90 %. Biohiilen laatuun vaikuttaa paljon pyrolyysiprosessi sekä lähtöaine. Koska biohiili on huokoista, sen pinta-ala on suuri ja kationienvaihtokapasiteetti sekä ravinteiden pidätyskyky ovat hyviä. Biohiileen voidaan myös ”ladata” ravinteita esimerkiksi fosforia. Näin ollen ravinteita voidaan palauttaa muun muassa valumavesistä takaisin peltoon. Rakeisena biohiili voi myös parantaa muokkauskerroksen alaista pohjamaata. (Tuomisto 2010, 11; Tuomisto 2013, 24-25.)

Biohiili on hyödyllistä etenkin happamilla mailla, sillä se nostaa maan pH:ta. Lisäksi se lisää kationivaihtoa, joka parantaa satotasoa sekä maan laatua. Myös maan vesitalous paranee ja lannoitustarve vähentyy biohiiltä käytettäessä. Biohiilen käyttö on myös ympäristösyistä kannattavaa, sillä tonni biohiiltä vastaa 3-3,5 tn hiilidioksidipäästöjä. (Tuomisto 2010, 11.)

4.5 Biomäädäte

Biomäädäte on biokaasulaitoksien sivutuotteena syntyvää mädätettä. Määdätettä syntyy biokaasutuksen sivutuotteena, kun orgaanista ainesta eli biojätettä hajotetaan anaerobisessa eli hapettomassa tilassa. Biokaasuprosessin ollessa suljettu mädätejäännös on erittäin ravinnepitoista, sillä ravinteet eivät häviä prosessin aikana. Tämän vuoksi biomäädäte soveltuu käyttökohteiltaan maanparannus- sekä lannoiteaineeksi. (Rousu 2015, 17-18; Syke 2017.)

5 KOKEEN ESITTELY

Noin 40 prosenttia Suomen perunan viljelyksestä tapahtuu happamilla sulfaattimailla. Sulfaattimailla on usein luontaisesti paljon typpeä, minkä seurauksena perunan typen saanti kasvukauden lopulla on voimakasta. Liiallisen typen johdosta perunoiden tuleentuminen viivästyy ja tämän myötä laatu heikkenee. (Tuomisto 2016.) Perunan viljelymahdollisuuksia myös muilla kasvualustoilla olisikin aiheellista tutkia. Perunantutkimuslaitos PETLA toteutti kesällä 2017 tutkimuksen, jossa perunan viljelymahdollisuuksia kartoitettiin non-food perunan tuotannossa turvetuotannosta poistuneilla suopohjilla. Tutkimuksen rahoitus on saatu Ravinteiden kiertätyksen kokeiluohjelmasta. Se on osa Hallituksen Kiertotalouden läpimurto ja puhtaat ratkaisut käyttöön – kärkihanketta.

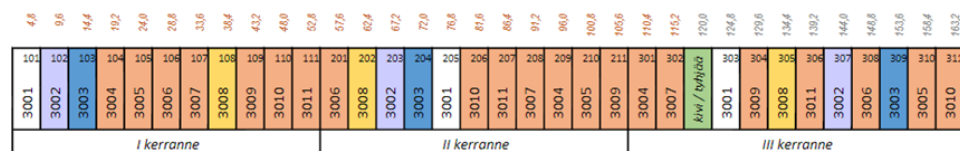
Tässä opinnäytetyössä käsitellään tutkimustuloksia kokeesta, jossa tutkittiin tärkkelysperunan viljelymahdollisuuksia turvetuotannosta poistuneilla suopohjilla. Tutkimuksen päämääränä on tutkia eri teollisuuden sivutuotteiden käyttömahdollisuuksia ja maanparannusvaikutuksia tärkkelysperunan tuotannossa. Tutkimuksessa koeruuduille on sijoitettu eri teollisuuden sivutuotteita: kipsisakkaa, kuitusavea, kuitulietettä, biohiiltä sekä biomädätettä. Tutkimus on hallituksen kärkihanke, joka kuuluu ravinteiden kiertätyksen kokeiluohjelmaan. Tutkimus toteutetaan kaksivuotisena, jolloin toisena vuotena (2018) koe toistetaan samoilla koeruuduilla. Tämä opinnäytetyö käsittelee kokeesta saatuja ensimmäisen vuoden koetuloksia.

5.1 Suunnitelma

Kokeesta tehtiin ennen toteutusta suunnitelma, josta ilmenee kokeen toteutusmenetelmät sekä mitä havaintoja ja määrittelyksiä kokeesta tehdään.

viljelykauden aikana sekä sen jälkeen. Seuraavissa kappaleissa on esitelty kokeen suunnitelma kokeen sijoittelun sekä viljelytekniesten toimenpiteiden osalta. Kokeesta tehtävät havainnot sekä määritykset on käsitelty omina otsikoinaan kohdissa havainnot sekä koetulokset.

Koe on tehty kolmeen kerranteeseen ja kerranteessa on 11 eri viljelymenetelmiä noudattavaa koejäsentä (kuva 1). Kokeessa olevien koeruutujen leveys on 4,8 metriä ja pituus kahdeksan metriä. Koeruudulla on 6 perunapenkkiä, joista molempien reunojen reunimmaisiksi kaksi penkkiä ovat suojapenkkejä ja keskimmaisiksi kaksi nettopenkkejä. Nettopenkeistä saatavat koetulokset ovat kokeessa tutkinnan kohteena. Nettopenkkien pituus on 5 metriä ja kokonaispinta-ala 8 m². Nettopenkkien toisessa päädyssä on metrin pituinen ala lieriönäytteiden ottoa varten. Päädyissä olevien suoja-kaistojen pituus on metrin.



Kuva 1. Kuvassa nähdään kokeen kartan mukainen sijoitus pellolla. Kerranteet on sijoitettu vierekkäin viljelytekniestistä syistä, koepellon ollessa pitkä muttei leveä. Koejäsenet on sijoitettu kokeessa eri järjestykseen eri kerranteiden välillä koetulosten mahdollisimman oikean tuloksen varmistamiseksi ja eri koejäsenten mahdollisten reunavaikutusten kumoamiseksi. Kuvassa vihreällä merkitty koeruutu on tyhjä koeruudun kohdalla olleen ison kiven vuoksi.

Istutuksen osalta kokeen suunnitelmana oli istuttaa perunapenkit 80 cm leveisiin perunapenkkeihin, joiden istutustiheys olisi 28 cm. Perunapenkkien 80 cm leveys määräytyi koetilalla olevan istutuskoneen 80 cm penkki-leveyden mukaan. Istutuksen jälkeen suunnitelmassa oli penkkien multa. Multaamista yritettiin ensimmäisen kerranteen ensimmäisen koejäsenen kohdalla, mutta penkkien muoto oli multaamisen jälkeen huonompi kuin ennen multausta ja multaaminen hylättiin viljelytoimenpiteistä. Nettoruudun yksilötavoite kokeessa oli 37,5 kasvia/koeruutu. Jokaisessa koejäsenessä on omat käsittelynsä teollisuuden sivutuotteiden osalta, jotka esitetään alla olevassa taulukossa (taulukko 1).

Taulukko 1. Taulukossa ensimmäisessä sarakkeessa ilmenee koejäsenen koejäsenen numero ja toisessa sarakkeessa kerrotaan koejäsenen kokeelle levitetyn teollisuuden sivutuotteet sekä niiden levitysmäärät.

Koejäsenen	koejäsenen teollisuuden sivutuotteet
3001	0 -kontrolli, ei lannoitusta
3002	kontrolli
3003	kontrolli + harsokate
3004	kipsisakka (3 kg/m ²)
3005	biohiili (3 kg/m ²)
3006	kuituliete (15 kg/m ²)
3007	kuitusavi (15 kg/m ²)
3008	kuitusavi (15 kg/m ²) + harsokate
3009	kuitusavi (15 kg/m ²) + kipsisakka (3 kg/m ²)
3010	biomädäte (0,5 kg/m ²)
3011	kuitusavi (3 kg/m ²)

Teollisuuden sivutuotteiden lisäksi koeruuduille levitettiin lannoitetta. Lannoitteena käytettiin perunan solunestettä 7 m³/ha (27 l/koeruutu) sekä istutuksen yhteydessä fosforiravinnetta 200 kg/ha (25 kg/koeruutu). Poikkeuksena perunan solunestelannoituksen suhteen oli 0-kontrolli, jolle solunestettä ei levitetty.

Koesuunnitelman mukaan kokeessa suoritettavissa kasvukauden aikaisissa toimenpiteissä ruttoruiskutukset ruiskutetaan Perunantutkimuslaitoksen muiden yleisten ruttoruiskutusten kanssa samanaikaisesti. Rikkakasvien torjunta kokeessa tehdään tarvittaessa.

5.2 Hankkijan Tanu

Kokeessa käytetty tärkkelysperunalajike oli tärkkelysperuna Hankkijan Tanu. Tanu on tullut kauppakäyttöön vuonna 1981. Se on melko alhaisen tärkkelyspitoisuuden omaava lajike ja sen tärkkelysprosentti on keskimäärin 17%. (Kangas ym. 2001, 38.) Tanu on melko aikainen lajike, joka myös hyötyy idätyksestä. Sen satotaso on melko satoisa ja mukulakoko keskikokoa. Aikaisuutensa vuoksi Tanu on tärkkelysteollisuuden käyntikauden aloituslajike. (Kangas ym. 2001, 36; Boreal n.d.; Farmit n.d.) Vuonna 2017 Hankkijan Tanu oli Suomessa kuudenneksi viljeltyin tärkkelysperunalajike ja sen viljelypinta-ala oli 220,21 ha (Myllymäen peruna 2017).

Taudin kestävyudessa Tanu kestää hyvin syöpää. Virustaudeille Tanu on altis. Taudeista heikoiten se kestää seittiä, ruttoa sekä rupea. Näissä taudeissa kestävyys on heikohko ja etenkin seitin torjunta niin kemiallisesti

kuin viljelyteknisesti on tarpeen. (Kangas ym. 2001, 35; Boreal n.d.; Farmit n.d.)

6 KOKEEN MAAPERÄ JA ILMASTO

Seuraavissa kappaleissa on käsitelty koepellon maan ravinnepitoisuuksia sekä kasvukauden aikaisia sääolosuhteita. Koska koe suoritettiin turvepellolla, maaperän ravinnepitoisuudet sekä pH-taso olivat normaalista perunan viljelyssä käytettävästä pellosto poikkeavat, sekä suurimmaksi osaksi heikommat. Kasvukauden aikaisissa sääolosuhteissa vertaillaan lämpötila- ja sademääriä ilmatieteenlaitoksen sivuilla oleviin pitkän aikavälin keskiarvoihin.

6.1 Maanäyteanalyysit

Kokeesta otettiin maanäyteanalyysit keväällä 7.6.2017 ennen kokeen istutustoimenpiteitä. Maanäyteanalyysit otettiin kolmesta eri kohtaa koekenttää niin, että jokaisen kerranteen kohdalta otettiin oma maanäyte.

Maanäyteanalyysistä tärkeimmät havaittavat osuudet ovat kokeen happamuus sekä ravinteiden määrä (kuva 2). Ensimmäinen näyte kuvastaa ensimmäisen kerranteen maanäyteanalyysiä, toinen näyte toisen sekä kolmas kolmannen. Kokeen maalaji oli analyysin mukaan metsäsaraturve (LCt).

Näytteen numero		1	2	3	
Nimi		1.1	2.1	3.1	
Pintamaan maalaji a)		LCT	LCT	LCT	
Multavuus a)		-	-	-	
Johtoluku	10xmS /cm	1,6	1,6	1,7	
Happamuus	pH	○ 5,0	○ 4,8	○ 5,0	
Kalsium (Ca) a)	mg/l	□ 2400	□ 1900	■ 2700	
Fosfori (P) a)	mg/l	● 3,6	● 3,1	● 3,7	
Kalium (K) a)	mg/l	○ 55	○ 61	○ 65	
Magnesium (Mg) a)	mg/l	■ 280	■ 220	■ 280	
Rikki (S) a)	mg/l	□ 11,0	□ 13,6	□ 14,1	
Boori (B) a)	mg/l	● 0,3	● 0,3	● 0,3	
Kupari (Cu) a)	mg/l	● 0,74	● 0,68	● 0,82	
Mangaani (Mn) a)		■ 240	■ 290	■ 190	
Sinkki (Zn) a)	mg/l	□ 4,23	□ 4,12	□ 3,43	
KVK, kationin vaihtokapasiteet	cmol+/kgka	30	29	35	
Ca/CEC	%	40	33	39	
K/CEC	%	0	1	0	
Mg/CEC	%	8	6	7	
Na/CEC	%	1	1	1	
Hehkutushäviö	%	84,1	84,5	88,4	

Kuva 2. Kokeen pH on 4,8 – 5,0 välillä eli maaperä on hapan. Kalsium, kalium, magnesium, rikki, mangaani sekä sinkkitasot ovat kokeessa näytteenottokohdasta riippuen tyydyttävät, hyvät tai mangaanin kohdalla jopa korkeat. Ravinteista boorin, fosforin ja kuparin määrä on huono tai huonolainen. Kokeen kerranteiden väliset erot eivät poikkea huomattavasti toisistaan.

6.2 Sääolosuhteet

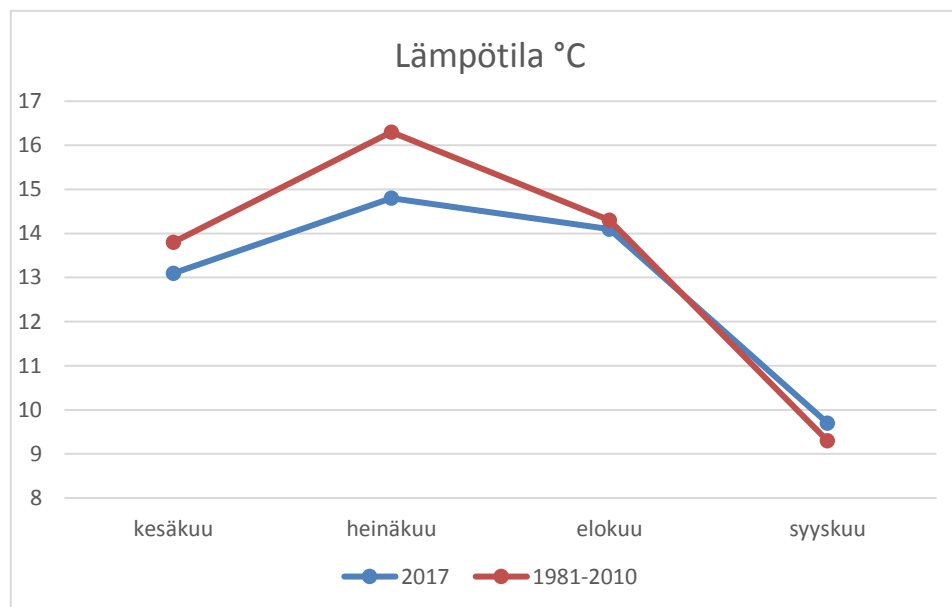
Seuraavassa kappaleessa käsitellään kesän 2017 sääolosuhteita Ylistarossa kesä-, heinä-, elo- ja syyskuun osalta, jolloin koe suoritettiin. Ilmatieteenlaitoksen virallinen sääasema sijaitsee Perunantutkimuslaitoksen kanssa samoissa tiloissa, joten sää- ja sadetiedot on otettu ilmatieteenlaitoksen sivuilta sääasema Seinäjoki, Pelmaa tilastoista. Vertailu tämän kesän sää-tietojen kanssa suoritetaan vuosien 1981-2010 tilastollisista keskiarvoista (kuvat 3 – 4).

Kesäkuun lopussa koe kynnettiin eli viljelytekniset toimenpiteet alkoivat kesäkuussa. Kesäkuun keskilämpötila oli 13,1 °C tilastollisen keskiarvon ollessa 13,8 °C. Kokonaissademäärä kesäkuun aikana oli 70mm keskiarvon ollessa 55mm. Kesäkuu oli siis hieman normaalia viileämpi ja sateisempi. (Ilmatieteenlaitos 2017.)

Heinäkuun alussa koe istutettiin. Heinäkuussa kuukauden keskilämpötila oli 14,8 °C tilastollisen keskiarvon ollessa 16,3 °C. Kokonaissademäärä heinäkuussa oli 43mm tilastollisen keskiarvon ollessa 75mm eli heinäkuu oli normaalia kuivempi sekä kylmempi. (Ilmatieteenlaitos 2017.)

Elokuun kuukauden keskilämpötila oli 14,1 °C tilastollisen keskiarvon ollessa 14,3 °C. Kokonaissademäärä oli 77mm tilastollisen keskiarvon ollessa 67mm. Elokuussa satoi hieman normaalia enemmän, mutta lämpötiloissa ei ollut suuria eroja verrattuna tilastolliseen keskiarvoon. (Ilmatieteenlaitos 2017.)

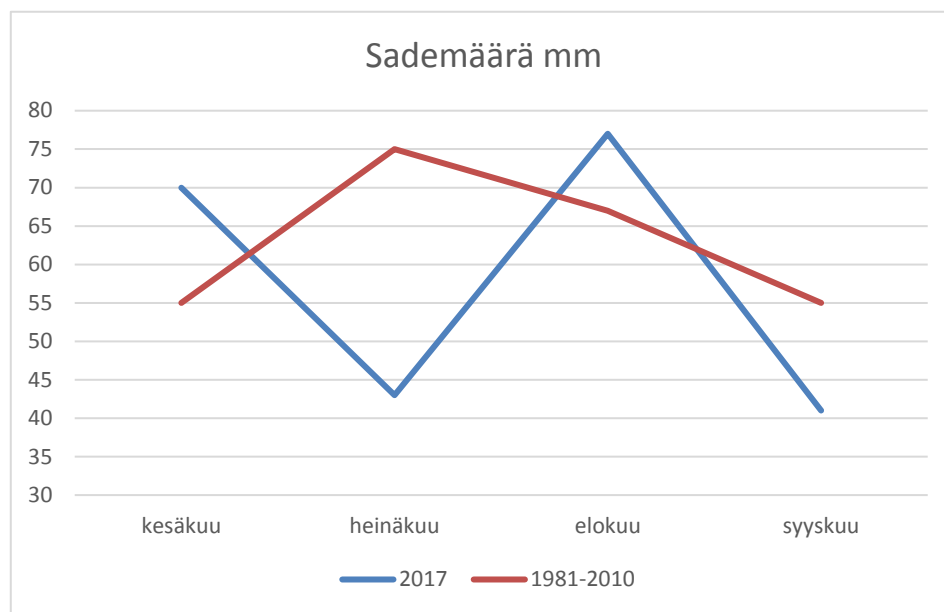
Syyskuun puolella välissä tapahtui perunoiden nosto. Syyskuun keskilämpötila oli 9,7 °C tilastollisen keskiarvon ollessa 9,3 °C. Sademäärä oli 41mm tilastollisen keskiarvon ollessa 51mm. Syyskuu oli siis hieman lämpimämpi ja normaalia kuivempi. (Ilmatieteenlaitos 2017.)



Kuva 3. Kesä 2017 on ollut kesä-, heinä- ja elokuussa lämpötiloiltaan hieman pitkän ajan lämpötiloihin verrattaessa normaalia kylmempi. Syyskuussa tilanne kääntyy hienoisesti keskiarvoa lämpöisemmäksi kuukaudeksi.

Verrattaessa kesän 2017 lämpösummia vuosien 1981-2010 keskiarvoon huomataan lämpösumman jääneen pienemmäksi kuin normaalisti se olisi. Vuosien 1981 – 2010 keskiarvoinen lämpösumma tarkastelujaksolla 1.4.2017 – 30.10.2017 on Ylistarossa ollut 1232 °C. Kasvukauden 2017 lämpösumma samalla ajanjaksolla oli 1081 °C. Keskiarvoon verrattuna lämpösumma on jäänyt 151°C miinukselle. Huomioon tulee myös ottaa se, että alkukevään kasvukausi oli hyvin kylmä. Lämpösummaa oli kertynyt 12.5.2017 mennessä vain yksi aste. 1981-2010 keskiarvoihin verrattaessa lämpösumman kertyminen on ollut myöhäistä, sillä keskiarvon mukaan jo 5.4 on lämpösummaa kertynyt yksi aste. Hitaan lämpösumman kertymisen

myötä muun muassa maan lämpeneminen on ollut keväällä 2017 hidasta. (Sipilä 2018.)



Kuva 4. Sademäärät poikkeavat kuukausittain pitkän ajan keskiarvoista. Kesä- ja elokuu olivat normaalia sateisempia. Heinä- ja syyskuu olivat sen sijaan keskiarvoa kuivempia. Suurin ero on heinäkuussa, jossa ero keskimääräiseen sademäärään on 32 mm.

7 KOKEEN TOTEUTUS

Koe toteutettiin Ylistarossa kesän 2017 aikana. Hanke, jonka pohjalta koe toteutettiin, suoritettiin yhteistyössä Oulun sekä Helsingin Yliopiston ja Perunantutkimuslaitos Petlan kanssa. Kokeen käytännön toteutuksesta vastasi Perunantutkimuslaitos Petla. Kokeen perustamisen ajankohta on ollut myöhäinen johtuen hankkeen rahoituksen saannista. Seuraavissa kappaleissa on esitelty kokeessa tehdyt viljelytoimenpiteet toteutusjärjestyksessä.

7.1 Kyntö

Kokeen toteutus aloitettiin koepaikan valinnalla ja koeruutujen mittaamisella. Sen jälkeen koeala kynnettiin. Kokeen kyntö tapahtui 26.6.2017. Maaperä oli kynnettäessä sulanut ja helposti muokkautuva. Turvema oli kynnon jälkeen hyvin märkä ja vetinen. Kynnetty turvemaan pintakerros kuitenkin kuivui nopeasti lämpimien sääolosuhteiden ansiosta (kuva 5). Hieman haasteellisuutta kyntöön toi maaperässä oleva maatumaton puujäte. Kosteudeltaan maa oli märkää ja kokeen keskikohdalla (kerranne 2) maaperän oli hieman kosteampaa kuin ensimmäisen ja kolmannen kerranteen kohdalla.



Kuva 5. Kuva koealasta kynnön jälkeen. (Helttunen 2017.)

7.2 Teollisuuden sivutuotteiden levitys

Ennen kokeessa käytettävien teollisuuden sivutuotteiden levitystä kynnety koeala jyrättiin vaakajyrsimellä 15-17cm syvyyteen ja pintaan nousseet puun palaset poistettiin koealalta, jotta kokeen istutustyö helpottuisi.

Kokeen teollisuuden sivutuotteiden sekä lannoitteena käytetyn väkevöidyn perunan solunesteen levitys tapahtui muutama päivä ennen kokeen istuttamista. Levitettävät aineet punnittiin ja levitettiin koeruuduille käsin 7.7.2017 sekä 10.7.2017. 0-kontrolli koejäsenelle ei levitetty väkevöityä perunan solunestettä. Muille koeruuduille solunestettä levitettiin 7 m³/ha eli 27 l/koeruutu. Teollisuuden sivutuotteiden levitysmäärät näkyvät kuvien 4-11 kuvateksteissä. Solunesteen levittämisessä käytettiin kastelukannua. Kiinteät teollisuuden sivutuotteet levitettiin kokeelle tasaisesti lapion ja sankojen avulla.

Aineiden levityksen jälkeen koe istutusmuokattiin uudelleen vaakajyrsimellä, jotta aineet sekoittuisivat mahdollisimman hyvin turvemaan kanssa. Jyräntä tehtiin 15-17cm syvyyteen kokeen istutussuunnan mukaisesti, jotta teollisuuden sivutuotteet eivät leviäisi keskenään toisille koeruuduille.

Seuraavista kuvista (kuva 6 – kuva 13) nähdään kaikki koeruuduille levitetty teollisuuden sivutuotteet koeruutukohtaisesti aineiden levityksen jälkeen ennen istutusmuokkausta.



Kuva 6. 0-kontrolli, kontrolli sekä kontrolli + harsokate koejäsenet (Sipilä 2017).

Aineiden levityksen kannalta ensimmäiset kolme koejäsentä 0-kontrolli, kontrolli sekä kontrolli + harsokate olivat saman näköiset. Kuvasta nähdään vaakajyrsimellä jyrsimetty 0-kontrollin koeruutu, johon ei ole levitetty teollisuuden sivutuotteita.



Kuva 7. Kipsisakka koejäsen (Sipilä 2017).

Kipsisakkaa levitettiin yhdelle koejäsenelle 3 kg/m^2 . Kipsisakan levitysmäärä oli 115 kg/koeruutu . Kipsisakka oli kosteaa ja painavaa.



Kuva 8. Biohiili koejäsen (Sipilä 2017).

Biohiiltä levitettiin koejäsenelle 3 kg/m^2 . Biohiilen levitysmäärä oli 115 kg/koeruutu . Biohiili oli koostumukseltaan kevyttä ja kuivaa. Biohiili myös pölisi paljon aineen levityksen yhteydessä.



Kuva 9. Kuituliete koejäsen (Sipilä 2017).

Kuitulietettä levitettiin koejäsenelle 15 kg/m^2 . Kuitulietteen levitysmäärä oli 576 kg/koeruutu . Kuituliete oli koostumukseltaan kosteaa. Lisäksi kärryssä muutaman päivän ajan ollut kuituliete oli aloittanut käymisprosessin. Tilanne huomattiin, kun ainetta ryhdyttiin levittämään pellolle.



Kuva 10. Kuitusavi suurempi levitysmäärä (Sipilä 2017).

Kuitusavea levitettiin useammalla eri levitysmäärällä. Tässä kuvassa koeruudulle on levitetty kuitusavea 15 kg/m^2 . Kuitusaven levitysmäärä oli 576 kg/koeruutu . Koejäsenet kuitusavi (levitysmäärä 15 kg/m^2) sekä kuitusavi (levitysmäärä 15 kg/m^2) + harsokate näyttivät aineen levityksen jälkeen samanlaisilta. Kuitusavi oli levitettäessä kosteahkoa. Sen koostumus oli ilmaavaa ja muistutti paperimassaa.



Kuva 11. Kuitusavi + kipsisakka koejäsen (Sipilä 2017).

Koejäsen kuitusavi + kipsisakka levitysmäärät olivat kuitusaven osalta 576 kg/koeruutu sekä kipsisakan osalta 115 kg/koeruutu . Kuvassa kuitusavi on

valkoisempaa ainetta ja kipsisakka valkoisen aineen päällä olevaa hieman tummempaa ainetta.



Kuva 12. Biomädäte koejäsen (Sipilä 2017).

Biomädätettä levitettiin koeruudulle $0,5 \text{ kg/m}^2$. Biomädätteen levitysmäärä oli 19 kg/koeruutu . Biomädäte oli kiinteää sangoissa olevaa tavaraa, joka levitettiin koeruudulle käsin. Kuvassa biomädäte erottuu pieninä harmaina paloina.



Kuva 13. Kuitusavi pienempi käyttömäärä (Sipilä 2017).

Kuitusavea levitettiin yhdelle koejäsenelle myös pienempi määrä kuin 15 kg/m². Pienempi levitysmäärä oli 3 kg/m². Kuitusaven levitysmäärä oli tällöin 115 kg/koeruutu.

7.3 Istutus

Koe istutettiin 11.7.2017. Kokeen istutuksen myöhäisyyteen vaikutti kokeen hankkeen rahoituspäätöksen viivästyminen (26.6.2017). Istutustiheys kokeessa oli 28 cm ja penkin leveys oli 80 cm. Istutuksen yhteydessä sijoituslannoituksena annettiin fosforiravinnetta 200 kg/ha. Istutus sujui ongelmitta. Sää istutuksen aikaan oli pilvinen ja lämpötila oli +19°C. Maan lämpötila istutuksen aikaan oli +19°C.

Istutusperunat olivat itäneet hallissa istutuksen viivästymisen vuoksi. Tämän myötä istutusperunoiden idut olivat ja mukulasta riippuen pisimmillään 10 cm pituiset.

7.4 Rikkakasvien ja ruton torjunta

Kokeen suunnitelman mukaan rikkakasvien torjunta tehtäisiin kokeelle, jos se olisi aiheellista. Aiheellisuus rikkakasvien torjuntaan syntyi kasvukauden alussa istutuksen jälkeen, kun maasta nousi rikkakasveja ennen perunoiden taimettumista.

Rikkakasvien torjunta tehtiin kokeelle 28.7.2017 kun torjunta todettiin aiheelliseksi. Torjunnassa ruiskutettiin Titusta 30 g/ha sekoitettuna 200 litraan vettä. Rikkakasvien tilanne pysyi hyvin kurissa ensimmäisen ruiskutuksen jälkeen, eikä tilanne vaatinut torjuntaa yhden ruiskutuskerran jälkeen.

Ruttoa torjuttiin kokeelta ruiskutuksin 8.8.2017, 15.8.2017 sekä 21.8.2017. Jokaisella ruiskutuskerralla torjunnassa käytettiin Ranman Toppia 0,5 l/ha sekoitettuna 300 litraan vettä. Rutteruiskutukset lopetettiin kolmannen kerran jälkeen. Tämä johtui hallaöistä, joiden seurauksena kasvusto paleltui eikä rutteruiskutuksista olisi ollut enää hyötyä. Ruton torjunta olisi ollut hyvä aloittaa jo viikkoa aikaisemmin, sillä rutto iski muutamille koeruu- duille ja sitä oli havaittavissa joidenkin kasvien lehdissä jo ensimmäisten ruiskutusten aikaan.

Turvemaan haasteet koneiden käytön kannalta alkoivat ruiskutuksien yhteydessä, sillä pellon epätasaisuus sekä ruiskutusurien painuminen ja vetäytyminen kesän edetessä toivat haasteita ruiskutustoimenpiteille. Ruiskutuspuomin pitäminen tasaisella ruiskutusetäisyydellä kasvustossa heikkeni pellon epätasaisuuden myötä. Kuitenkaan ruiskutusvirheitä ei kasvustosta pystytty havaitsemaan kasvukauden aikana.

7.5 Nosto

Koe nostettiin 13.9.2017 sekä 14.9.2017. Noston ajankohta olisi voinut olla myöhäisempi, mutta turvemaalla useana yönä käyneen hallan vuoksi hallavauriot olivat aiheuttaneet perunan kasvuston paleltumisen. Paleltumisen seurauksena kasvuston kasvu ja kehitys pysähtyi. Kokeen perunoiden kasvuaika istutuksesta nostoon oli nostopäivästä riippuen 65 tai 66 päivää.

Kokeen nosto toteutettiin kuokkimalla perunat käsin ylös koeruuduista, sillä turvamaa oli nostohetkellä hyvin märkä ja nostaminen koneellisesti olisi todennäköisesti ollut mahdotonta. Lisäksi perunoiden mukulakoko sekä sato arvioitiin pieniksi lyhyeksi jääneen kasvukauden takia. Nostossa pienimmät mukulat olisivat tippuneet nostokoneen hihnalta, ja näin ollen satotulokset olisivat vääristyneet. Koetulosten oikeellisuuden takamiseksi kokeen nosto päätettiin suorittaa kuokkimalla.

Nostossa koejäsenten välillä havaittiin poikkeavuuksia maaperän ominaisuuksissa. Kuituliete, joka oli jo aineiden levityksen yhteydessä aloittanut käymisprosessin, oli maan pintakerroksen alla noin 10cm syvyydessä homeessa. Lisäksi maa oli kuivempaa ja se sisälsi enemmän matoja verrattuna muihin koejäseniin. Kuitusaven suurempaa käyttömäärää sisältäneet koejäsenet olivat kosteampia ja maa oli takertuvampaa. Biohiili oli puolestaan kuivattanut maata ja maaperä oli huomattavasti kuivempaa verrattuna muihin koejäseniin.

8 HAVAINNOT

Havainnointi pellolla kasvukauden aikana on tärkeässä roolissa ja joitakin koetuloksia voidaan selittää kasvukauden aikaisten havaintojen seurauksena. Havainnointi pellolla antaa tärkeää tietoa kasvuston kehityksestä eri kasvun vaiheissa. Havainnoista saatavilla tiedoilla on merkitystä, kun koetuloksia tarkastellaan ja tehdään yhteenveto koetuloksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä.

Koesuunnitelman mukaan kokeesta kasvukauden aikana tehtävät havainnot olivat taimettuminen, kasvuston kehitysasteet sekä kasvuston peittävyys. Tuleentuminen, kasvuston korkeus sekä tarpeen mukaan tauti- ja puutosoirehavainnot oli myös kirjattu kokeen havainnointisuunnitelmaan. Kasvuston paleltumisen myötä kasvuston tuleentumis- sekä korkeushavainnot ei pystytty tekemään. Havainnoitavia tauti- tai puutosoireita ei sen sijaan ilmennyt kasvustossa kasvukauden aikana.

Havaintoihin on kirjattu omina otsikoinaan koesuunnitelmasta poikkeavia havainnoinnin kohteita, jotka tulee ottaa huomioon koetuloksia analysoidessa. Näitä poikkeavuuksia ovat kokeessa tapahtunut siemenperunoiden hätämukulointi (kohta 8.1) sekä halla (kohta 8.5).

8.1 Hätämukulat

Kokeen istutusperunat hätämukuloivat istutuksen jälkeen. Syitä hätämukuloinnille voi olla monia. Ensinnäkin istutuksen ajankohta oli myöhäinen ja siemenperunoihin kasvoi ituja ennen istutusta. Tämän vuoksi siemenperunoiden idut pääsivät kasvamaan melko pitkiksi. Hätämukulointi tapahtui pellolla istutuksen jälkeen ja havaittiin, kun koejäsenten nettoruutujen ulkopuolelta olevia taimia nostettiin ylös havaintomielessä koeruutujen päistä (kuva 14).

Siemenperunoiden fysiologisen iän vanhuus aiheuttaa sen, että siemenperunan hiilihydraattivarastot ovat vähentyneet ja kun siemenperunat siirretään lämpöisestä idätyshallista kylmään maahan, kasvi hätämukuloi. Siemenperunan hätämukulointi aiheuttaa häiriötä kasvin taimettumisessa. Lisäksi hätämukulat kasvavat suoraan perunoiden iduista. (Kuisma 2010.)



Kuva 14. 31.7.2017 Penkin päädyistä nostetusta taimesta on havaittavissa kasvissa tapahtunut ennenaikainen hätämukulointi. (Anna Sipilä 2017.)

8.2 Taimettuminen

Koeruuduissa olevien kasvien taimettumishavainnot kirjattiin, kun netto-ruuduissa olevista kasveista 50% oli taimettunut. Koeruudun yksilötavoite oli 35,7 yksilöä/koeruutu, joten taimettumishavaintoja tehdessä koeruudulla taimettuneita yksilöitä oli 17,85 kappaletta. Taimettuneeksi yksilöksi laskettiin yksilö, jonka ensimmäiset lehdet olivat avautuneet. Kokeessa olleiden koejäsenten taimettumiset tapahtuivat 27.7.2017-31.7.2017 välisenä aikana. Näin ollen taimettumisaika kokeessa vaihteli 17-21 päivän välillä. Taimettumisissa oli hajontaa eri koejäsenten sekä eri kerranteiden välillä. Tämän vuoksi taulukossa 5 nähtävissä taimettumispäivämäärissä on useita päivämääriä samojen koejäsenten kohdalla. Nopeaa taimettumista edesauttoi maan lämpötila (istutusvaiheessa +19).

Taulukko 2. Taulukosta nähdään eri koejäsenten taimettumispäivämäärät sekä kerranteiden keskimääräinen taimettumisaika. Koejäsenistä kontrolli + harsokate koejäsen erottui edukseen taimettumisen aikaisuudessa.

Koejäsen	Taimettumispäivämäärät	Keskimääräinen taimettumisaika/pv
Ei lannoitusta	29.7-31.7	20
Kontrolli	30.7	20
Kontrolli + harsokate	27.7-29.7	18
Kipsisakka	29.7-30.7	19,5
Biohiili	30.7	20
Kuituliete	29.7-31.7	20
Kuitusavi	29.7-30.7	19,5
Kuitusavi + harsokate	29.7-30.7	19,5
Kuitusavi + kipsisakka	30.7	20
Biomädäte	28.7-30.7	19
Kuitusavi (pieni käyttö-määrä)	29.7-30.7	19,5

Kontrolli + harsokate koejäsenten taimettuminen oli nopeinta taimettumisaikan ollessa keskimäärin 18 päivää. Harsokate on siis vaikuttanut tällä koejäsenellä positiivisesti nopeuttaen taimettumista. Kuitenkaan harsokate ei ole vaikuttanut positiivisesti taimettumiseen kuitusavea sisältävissä koejäsenissä, sillä kuitusavi + harsokate koejäsenten keskimääräinen taimettumispäivämäärä on ollut samaa luokkaa muiden koejäsenten kanssa.

Muiden kuin kontrolli + harsokate koejäsenten keskimääräinen taimettumisaika on ollut päivän sisällä toisistaan, joten eroja eri koejäsenten sivutuotteiden vaikutuksista kasvuston taimettumiseen ei pystytä osoittamaan.

8.3 Alkukehitys ja yksilömäärät

Yksilömäärä ja alkukehityshavainnot tehtiin kokeelta noin puolitoista viikkoa taimettumisen jälkeen 8.8.2017. Yksilömäärät laskettiin nettoruudusta. Kokeessa oleva yksilömäärätavoite oli 35,7 kasvia/nettoruutu. Yksilömäärätavoite jäi jokaisella koejäsenellä vajaaksi. Siemenperunan vanheneminen, itujen muodostuminen ja istutuksessa tapahtunut mahdollinen itujen katkeaminen yhdessä hätämukuloinnin kanssa voisi olla yhtenä syynä epätasaiseen taimettumiseen. Näiden asioiden myötä istutusperunoilla ei ole ollut riittävästi voimaa kasvamiseen vaan ne ovat nahistuneet tai mädäntyneet peltoon.

Alkukehityksessä arvioitiin kasvuston kehitystä kasvuston nettoruudun peittävyysprosenttina. Alkukehitystä määriteltäessä taimettumattomat yksilöt tai huonosti taimettuneet yksilöt jätettiin huomioimatta.

Taulukko 3. Taulukosta nähdään koejäsenten yksilömäärät. Yksilömäärän %-osuus tavoitteesta kuvaa koejäsenen yksilömäärän toteutumaan 35,7 kasviyksilön tavoitteesta. Lisäksi taulukosta nähdään alkukehitys %. Alkukehitys % kuvastaa kasvuston peittävyyttä nettoruudulla. Taulukon arvoissa on laskettu jokaisen kerranteen kolmen koejäsenen keskiarvo.

Koejäsen	Yksilömäärät	Yksilömäärän %-osuus tavoitteesta	Alkukehitys %
Ei lannoitusta	28,6	80	30
Kontrolli	26,6	75	31,6
Kontrolli + harsokate	32	90	43,3
Kipsisakka	29,6	83	31,6
Biohiili	33,3	93	30
Kuituliete	29,3	82	25
Kuitusavi	28,3	79	28,3
Kuitusavi + harsokate	28,6	80	26,6
Kuitusavi + kipsisakka	25,3	71	16,6
Biomädäte	32	90	35
Kuitusavi (pieni käyttömäärä)	28	78	31,6

Taimettumisen yksilömäärissä yli 30 yksilöön/koeruutu pääsivät kontrolli + harsokate, biohiili sekä biomädäte. Loput koejäsenistä saavuttivat yli 25 yksilön yksilömäärän. Heikoin koejäsenistä oli kuitusavi + kipsisakka, joka oli ainut koejäsen, jonka yksilömäärä oli pienempi verrattuna kontrolliin.

Alkukehityksessä oli koejäsenten kesken jo suurempia eroavaisuuksia verrattuna yksilömäärien eroihin. Kontrolli + harsokate koejäsenen alkukehitys oli 43,3 % (kuva 15). Biomädäte oli alkukehitykseltään seuraava 35 % alkukehityksellä. Verrattuna kontrollikoejäseneseen vain kontrolli + harsokate ja biomädäte koejäsenet olivat alkukehitykseltään parempia.

Yli 30 % alkukehitykseen pääsivät lannoittamaton koejäsen, kipsisakka, biohiili, biomädäte sekä kuitusavi (pieni käyttömäärä). Näistä koejäsenistä kontrollin kanssa sama alkukehitys-% oli kipsisakka sekä kuitusavi (pieni käyttömäärä) koejäsenillä.

Yli 20 % alkukehitys oli kuituliete, kuitusavi (suuri käyttömäärä) sekä kuitusavi + harsokate koejäsenillä. Heikoin alkukehitysprosentti oli kuitusavi + kipsisakka koejäsenellä, jonka alkukehitys oli vain 16,6 % (kuva 16).



Kuva 15. Kontrolli + harsokate koejäsenen alkukehitys (Sipilä 2017).

Kontrolli + harsokate koejäsenten alkukehitys oli voimakkainta ja alkukehitysprosentti oli koejäsenestä riippuen 40 – 45 %. Harsokatteesta oli selkeästi hyötyä perunan alkukehityksen kannalta ja perunan kasvu oli voimakasta harsokatteen ansiosta.



Kuva 16. Kuitusavi + kipsisakka koejäsenen alkukehitys (Sipilä 2017).

Heikoin alkukehitys oli kuitusavi + kipsisakka koejäsenellä alkukehitysprosentin jäädessä koejäsenestä riippuen 15 – 20 %. Perunan kasvu on selvästi jäljessä verrattuna esimerkiksi kontrolli + harsokate koejäseneneen vrt. kuva 13.

8.4 Peittävyys

Kokeen peittävyttä havainnoitiin kasvukauden aikana 15.8.2017 sekä 25.8.2017. Peittävyyshavainnot tehtiin peittävyysprosenttiarviona. Peittävyyshavainnoita tehtäessä huonosti taimettuneet yksilöt sekä taimettumattomat yksilöt jätettiin huomiotta. Peittävyyshavainnot tehtiin kasvuston ensimmäisten kukkien avautuessa.

Peittävyysprosenttia havainnoitaessa eri koejäsenten väliset erot kasvoivat huomattavasti verrattaessa alkukehityksessä havaittuihin eroihin (taulukko 3). Peittävyysprosentin kehitys jatkoi hyvin samankaltaista linjaa kuin alkukehityksen havaituissa peittävyysprosentteissa. Koejäsenet, joiden alkukehitys oli nopeaa, jatkoivat kasvuaan huomattavasti nopeammin kuin huonommin alkukehityksessä pärjänneet koejäsenet.

Taulukossa 4 on kuvattu eri koejäsenten peittävyttä kahtena eri tarkasteluajankohtana. Lisäksi taulukossa on peittävyysprosentin kehitys kyseisen

ajanjakson aikana. Peittävyysprosentin kehittyminen kuvastaa kasvin kasvunopeutta kyseisellä aikavälillä. Peittävyysprosentin kehittymisen avulla huomataan joidenkin koejäsenten kasvun olevan hitaampaa kuin toisten.

Taulukko 4. Taulukossa kuvataan eri koejäsenten peittävyysprosentteja ja niiden kehitystä. Peittävyysprosentti on jokaisen kolmen kerran koejäsenten keskiarvo.

Koejäsen	peittävyys 15.8	%	peittävyys 25.8	%	peittävyys % kehitys
Ei lannoitusta	53		62		9
Kontrolli	55		78		23
Kontrolli + harsokate	75		90		15
Kipsisakka	58		73		15
Biohiili	60		75		15
Kuituliete	40		45		5
Kuitusavi	27		30		3
Kuitusavi + harsokate	37		37		0
Kuitusavi + kipsisakka	23		28		5
Biomädäte	70		87		17
Kuitusavi (pieni käyttömäärä)	48		68		20

Kontrolli + harsokate sekä biomädäte koejäsenet erottuivat edukseen niiden peittävyysprosentin ollessa toisella havaintokerralla jo 90 % sekä 87 %. Nämä olivat ainoat koejäsenet, joiden peittävyysprosentti oli korkeampi kuin kontrollikoejäsenen.

Kipsisakka sekä biohiili koejäsenet pääsivät toisella havaintokerralla lähes samoihin peittävyysprosenttituloksiin kontrollikoejäsenen kanssa peittävyysprosentin ollessa molemmilla koejäsenillä yli 70 %. Seuraavaksi parhaiten peittävyysprosentissa pärjasi pienen käyttömäärän kuitusavi 68 % peittävyysprosentilla.

Lannoittamattoman koejäsenen peittävyys oli 62%. Tästä tuloksesta vielä huomattavasti parempia tuloksia saivat kuituliete (45 %), kuitusavi + harsokate (37 %), kuitusavi (30 %) sekä kuitusavi + kipsisakka (28 %) koejäsenet. Voidaan todeta, että näitä teollisuuden sivutuotteita käytettäessä jokin on luultavasti häirinnyt kyseisten koejäsenten kasvua. Tätä teoriaa tukee myös peittävyysprosentin kehitys, sillä kyseisellä tarkasteluajanjaksolla kyseisten koejäsenten peittävyys ei ole joko kehittynyt lainkaan tai kehittyminen on ollut hyvin vähäistä korkeintaan 5 % luokkaa.

Kun tarkastellaan muiden koejäsenten peittävyysprosentin kehitystä, lannoittamattoman kontrollin kehitys on ollut 9 % tarkasteluajanjakson aikana. Kontrolli

+ harsokate, kipsisakka, sekä biohiili ovat kasvaneet samaan tahtiin peittävyden kehityksen ollessa 15 %. Hieman paremmin on pärjännyt biomädäte (17 %) sekä pienen käyttömäärän kuitusavi (20 %). Parhaiten kehitys on noussut kontrolli koejäsenellä (23 %).

8.5 Halla

Halla iski kokeelle useampana eri yönä elokuun lopussa olleiden kylmien öiden takia. Ensimmäisen hallan aikana 25.8 kasvuston ylimmät lehdykät veltostuivat ja tummenivat (kuva 17). Muutaman päivän päästä lehdykät muuttuivat ruskeiksi (kuva 18). Ensimmäisten hallahavaintojen koejäsenien paleltuneisuus koko kokeella oli keskimäärin 46 %. Toisen kylmän yön jälkeen 28.8 kasvusto tuhoutui lähes kokonaan, jolloin sekä perunan varret että lehdet kärsivät kylmyydestä (kuva 19). Toisen hallayön jälkeen kasvuston keskimääräinen paleltuneisuus oli osalla koeruuduista 100 %. Parhaiten selvinneiden paleltuneisuus oli 50 %. Hallan aikaan myöskään harsokatteita ei enää koejäsenillä ollut, joten myöskään harsokatteelliset koejäsenet eivät säästyneet hallavahingoilta.

Hallan iskiessä mukulanmuodostusvaiheessa taikka myöhäisemmässä kasvuvaiheessa perunakasvustoon mukuloiden kasvu sekä tärkkelyksen muodostus pysähtyy (Rahkonen 2006). Tämän seurauksena hallaöiden jälkeen kokeen perunoiden kasvu ja kehitys pysähtyivät.



Kuva 17. Ensimmäisen hallayön jälkeen kukintavaiheessa olevan koejäsenen ylimmät lehdykät paleltuivat (Sipilä 2017).



Kuva 18. Koko kokeen perunoista ylimmät lehdykät paleltuivat ja muuttuivat ruskeiksi muutama päivä hallayön jälkeen (Sipilä 2017).



Kuva 19. Lähestulkoon koko kasvuston vihreät osat lehdistä varsiin paleltuivat toisen hallayön jälkeen (Sipilä 2017).

9 KOETULOKSET

Nostetusta perunasadosta määriteltiin eri koejäsenten kesken satotulokset sekä perunat lajiteltiin mukulakokonsa mukaan. Sadon lisäksi tärkkelysperunan yksi laatuvaatimus on tärkkelyspitoisuus, joten myös tärkkelyspitoisuus- sekä tärkkelyssatotulokset kirjattiin ylös.

Koetuloksia tarkastellessa havaitaan, että koetulokset ovat normaalista poikkeavat. Kokeen tulokset ovat kaikissa tutkittavissa kohteissa normaalia pienemmät. Tämä johtuu muun muassa siitä, että kokeen kasvukausi on ollut lyhyt. Muita koetuloksiin vaikuttaneita tekijöitä on ollut kasvukauden sääolosuhteet, perunoiden hätämukulointi sekä halla.

9.1 Satotulokset ja lajittelu

Perunoiden noston jälkeen perunat punnittiin, lajiteltiin ja niiden mukulaluvut laskettiin kokoluokittain. Punnitsemalla perunat saatiin selville perunoiden satotaso (taulukko 5). Lajittelulla selvitettiin mukuloiden kokoja-kauma. Mukuloiden laskemisella saatiin selville, kuinka monta mukulaa/kasvi kullakin koejäsenellä oli sekä yhden mukulan keskimääräinen paino (taulukko 6).

Taulukko 5. Perunoiden satotasot vaihtelivat 2,8 t/ha ja 8,7 t/ha välillä. Taulukosta myös nähdään koejäsenten keskiarvoinen sadonlisä tai vaje verrattuna kontrollikoejäseneseen.

Koejäsen	sato t/ha	Sadonlisä % osuus verrattuna kontrolliin
Ei lannoitusta	4,2	-14,3
Kontrolli	4,9	0
Kontrolli + harsokate	7,5	53,1
Kipsisakka	6,9	40,8
Biohiili	5,8	18,4
Kuituliete	3,3	-32,7
Kuitusavi	3,3	-32,7
Kuitusavi + harsokate	3,4	-30,6
Kuitusavi + kipsisakka	2,8	-42,6
Biomäädäte	8,7	77,6
Kuitusavi (pieni käyttö-määrä)	6,1	24,5

Kun satotuloksia verrataan kontrollikoejäseneseen, huomataan että parhaimman sadon on tuottanut koejäsen, jossa on käytetty biomädätettä. Biomädätteen satotulos 8,7 t/ha on 77,6 % korkeampi kuin kontrollikoejäsenen sato. Kontrolli + harsokate sekä kipsisakka ovat myös pärjänneet satotuloksissa saaden 53,1 % sekä 40,8 % korkeamman sadon kuin kontrolliruutu. Kuitusaven alhainen käyttömäärä sekä biohiili ovat myös tuottaneet paremman satotuloksen kuin kontrolli 24,5 % sekä 18,4 % sadonlisällä.

Muut koejäsenet ovat tuottaneet huonomman satotuloksen verrattuna kontrollikoejäseneseen. Näistä koejäsenistä lannoittamaton koejäsen on pärjännyt parhaiten 14,3 % huonommalla satotuloksella. Kuitusavi + harsokate, kuitusavi sekä kuituliete ovat tuottaneet 30,6-32,7 % huonomman satotuloksen kuin kontrollikoejäsen. Heikoiten kokeessa on pärjännyt kuitusavi + kipsisakka koejäsen, jonka satotulos on ollut vain 2,8 t/ha ja kontrolliruutuun verrattuna satotulos on ollut 42,6 % heikompi.

Taulukko 6. Taulukosta nähdään koejäsenten keskiarvoinen mukulaluku/kasvi sekä yhden mukulan keskimääräinen paino.

Koejäsen	Mukulaluku kpl/kasvi	Mukulakoko g/kpl
Ei lannoitusta	7	14
Kontrolli	10	15
Kontrolli + harsokate	10	19
Kipsisakka	10	19
Biohiili	8	17
Kuituliete	4	20
Kuitusavi	6	17
Kuitusavi + harsokate	6	17
Kuitusavi + kipsisakka	5	16
Biomädäte	11	19
Kuitusavi (pieni käyttömäärä)	9	20

Mukulalukujen kappalemäärät noudattivat hyvin samanlaista linjaa verrattuna satotuloksiin. Kontrolliruudun kanssa samaan kymmenen kappaleen mukulalukuun/kasvi pääsivät kontrolli + harsokate sekä kipsisakka koejäsenet. Paras mukulaluku oli biomädätteellä, jonka mukulaluku oli 11 kpl/kasvi. Kuitusaven pienellä käyttömäärällä oli yksi mukula vähemmän kuin kontrollilla. Biohiilellä puolestaan kaksi mukulaa vähemmän. 6-7kpl/kasvi mukulamäärään ylsivät kuitusaven suuren käyttömäärän koejäsenet kuitusavi sekä kuitusavi + harsokate. Kuituliete sekä kuitusavi + kipsisakka koejäsenet pärjäsivät heikoiten mukuloiden lukumäärän ollessa 4 sekä 5 mukulaa/kasvi.

Mukulakoot vaihtelivat melko suuresti eri koejäsenten välillä. Kuitusaven pienellä käyttömäärällä sekä kuitulietteellä oli suurin mukulakoko mukulakoon ollessa 20 g. 19 g mukulakoko oli kontrolli + harsokate, kipsisakka sekä biömädäte koejäsenillä. Biohiili, kuitusavi, kuitusavi + harsokate koejäsenten mukulakoko oli 17 g ja kuitusavi + kipsisakkakoejäsenen 16 g. Muihin koetuloksiin verrattaessa poikkeuksellisesti kontrolliriuudulla oli toiseksi heikoin mukulakoko 15 g. Huonoin mukulakoko oli lannoittamattomalla koejäsenellä 14g mukulakoolla.

9.2 Tärkkelyspitoisuus

Lajittelun jälkeen kokeen tärkkelyspitoisuus määriteltiin. Perunan tärkkelyspitoisuus saadaan punnitsemalla mukulanäytteen ilma- sekä vesipainot. Vaikka tärkkelyspitoisuudessa tärkkelysprosentti on tärkeä tuotannon kannattavuuden kannalta, myös satotulokset vaikuttavat tärkkelyssadon määrään. Taulukossa 7 on kirjattuna tärkkelyspitoisuudet prosentteina sekä tärkkelyssadot.

Tärkkelyspitoisuus on lajikeominaisuus. Tärkkelyksen muodostukseen vaikuttavat myös kasvukauden pituus, maan lämpö- sekä kosteusolot sekä tuleentuminen. Osa lajikkeista on aikaisempia tuleentumisen suhteen. Tärkkelystä muodostuu eniten tuleentumisen loppuvaiheessa, jolloin mukulan solut ovat täyttyneet tärkkelysjyväsistä. (Seppänen & Yli-Halla 2008, 110).

Koejäsenien tärkkelyspitoisuuksia tarkastellessa huomataan, että suurimmat satotasot omaavat koejäsenet ovat saaneet tärkkelyspitoisuuden määrittelyssä alhaisimman tärkkelyspitoisuusprosentin. Tämä kertoo siitä, että suuremman satotason koejäsenissä perunan mukuloiden kasvu on vielä ollut käynnissä ja tärkkelyspitoisuus ei ole vielä ehtinyt nousta niin korkeaksi mukuloiden kasvun vielä ollessa käynnissä.

Taulukko 7. Taulukosta nähdään eri koejäsenten tärkkelyspitoisuus prosentteina sekä tärkkelyssato. Tärkkelyssadon määrää on myös vertailtu kontrollikoejäsenen satotuloksiin.

Koejäsen	Tärkkelyspitoisuus %	Tärkkelyssato kg/ha	Tärkkelyssato muutos % vrt. kontrolli
Ei lannoitusta	13,5	560	-9,7
Kontrolli	12,6	620	0
Kontrolli + harsokate	13,2	980	58,1
Kipsisakka	13,0	890	43,5
Biohiili	13,1	770	24,2
Kuituliete	14,4	470	-24,2
Kuitusavi	14,9	490	-20,1
Kuitusavi + harsokate	15,6	530	-14,5
Kuitusavi + kipsisakka	14,9	410	-33,9
Biomädäte	12,8	1120	80,1
Kuitusavi (pieni käyttömäärä)	13,5	820	32,3

Kun verrataan tärkkelyspitoisuutta sekä satotuloksia kontrollikoejäsenen huomataan, että koejäsenten, joiden tärkkelys sato on ollut pienempi kuin kontrollikoejäsenen satotaso (kuituliete, kuitusavi, kuitusavi + harsokate sekä kuitusavi + kipsisakka koejäsenet) tärkkelyspitoisuus on suurin. Näiden koejäsenten tärkkelyspitoisuus on ollut 14,4 - 15,6 %.

Lannoittamattoman koejäsenen sekä pienen käyttömäärän kuitusaven tärkkelyspitoisuusprosentti on ollut seuraavaksi parhain sen ollessa 13,5 %. Satotulokset kuitenkin poikkeavat toisistaan lannoittamattoman koejäsenen satotuloksien jäädessä pienemmäksi kuin kontrollin ja kuitusaven satotuloksen ollessa 32,3 % korkeampi kuin kontrollin.

Pienimmät tärkkelyspitoisuudet ovat olleet koejäsenillä, joiden satotulokset ovat olleet korkeimmat verrattuna kontrollikoejäsenen. Kontrollikoejäsenen tärkkelyspitoisuus on ollut koko kokeen pienin 12,6 %. Kontrolli + harsokate, kipsisakka, biohiili sekä biomädäte ovat olleet tärkkelyspitoisuuksiltaan 12,8 - 13,2 %.

10 YHTEENVETO

Yhteenvedossa tarkastellaan kokeesta saatuja koetuloksia. Kasvukauden aikaisista havainnoista saatiin tietoa kasvuston kehityksestä. Näiden tietojen pohjalta voidaan tehdä johtopäätöksiä miten eri teollisuuden sivutuotteet ovat vaikuttaneet kasvuston kehitykseen kasvukauden aikana. Koetuloksissa oli eroja eri koejäsenten välillä. Tulee myös ottaa huomioon, että osa teollisuuden sivutuotteista vaatisi vähintään yhden talvikauden ennen perunanviljelyä, jotta sivutuotteen haluttu vaikutus saataisiin esille. Tämän vuoksi aihe vaatiikin lisää tutkimusta.

Kun tarkastellaan koko kokeen koejäsenten välisiä eroja satotuloksissa, huomataan, että teollisuuden sivutuotteista biomädätettä, biohiiltä, kipsisakkaa sekä pienen käyttömäärän kuitusavea sisältäneissä koejäsenissä tulokset ovat parempia verrattuna kontrollikoejäseneseen.

Harsokatteellinen kontrollikoejäsen on pärjännyt hyvin ollen satotuloksissa toiseksi paras heti biomädätteen jälkeen. Harsokatteen käytöllä ei ole ollut tuotannon kannalta satotuloksia parantavaa vaikutusta koejäsenellä, jolla on käytetty kuitusaven suurta käyttömäärää. Myös muut koejäsenet, joissa on käytetty kuitusavea suuremmalla käyttömäärällä, ovat pärjäneet koetuloksissa heikosti. Kuituliete oli kuitusaven kanssa ainut teollisuuden sivutuote, joka pärjasi koetuloksissa huomomin verrattuna kontrollikoejäseneseen.

Teollisuuden sivutuotteista kuitusaven ominaisuutena on kalkitusvaikutus. Suurta määrää kuitusavea käytettäessä voidaan todeta kuitusaven kalkitusvaikutuksesta saatujen hyötyjen kumoutuvan siihen, että kasvuston juuriston kehittyminen ja näin ollen ravinteiden ja veden otto häiriintyvät.

Kuitulietteellä on maanparannusvaikutus eikä se sisällä paljoa ravinteita. Ravinteiden niukkuus näkyykin koetuloksissa kuitulietteen ollessa sato- sekä peittävyystuloksissa huonoimpien koejäsenten joukossa kuitusaven kanssa.

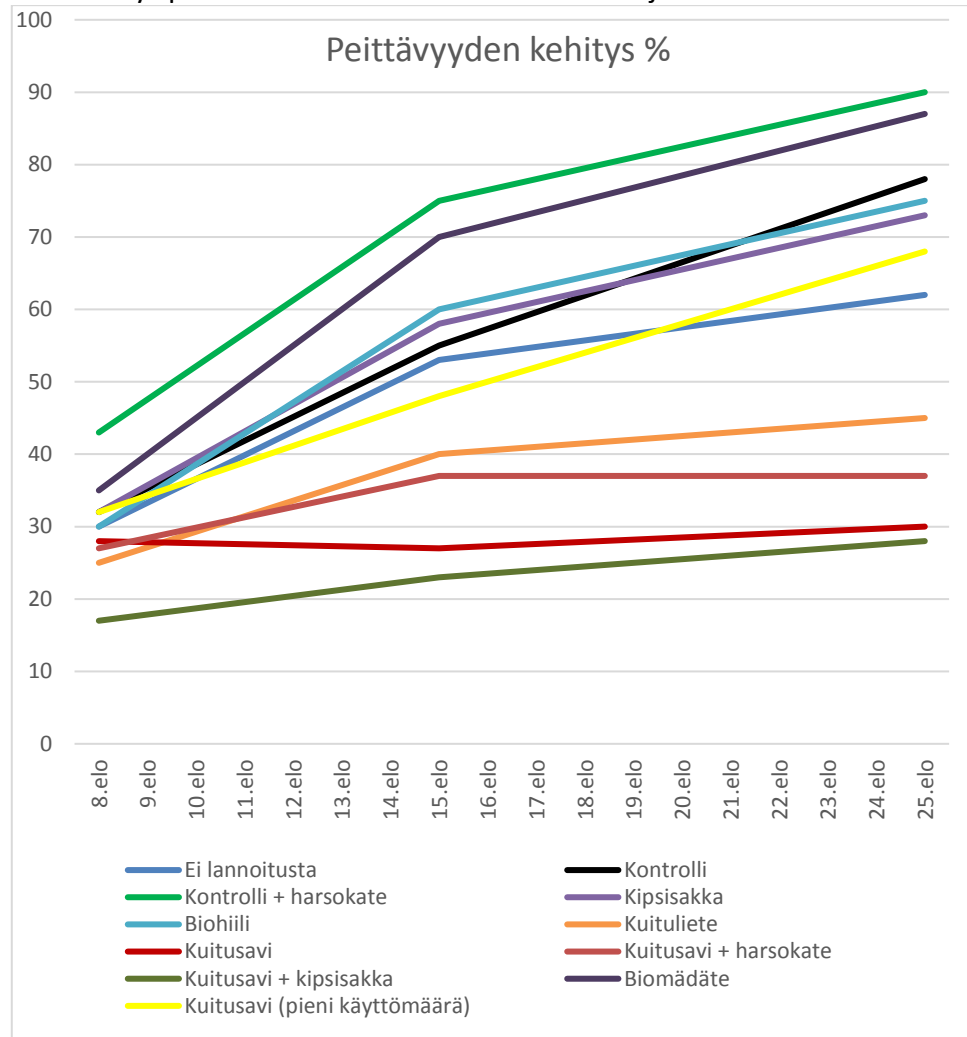
Kipsisakalla on kyky sitoa fosforia ja muuntaa se kasville käyttökelpoiseen muotoon. Koejäsen, jossa käytettiin vain kipsisakkaa, pärjasi kontrollikoejäsentä paremmin sato- sekä tärkkelyssatotuloksissa. Kasvuston peittävyystuloksissa se oli hieman heikompi kuin kontrollikoejäsen. Kipsisakka on siis voinut vaikuttaa enemmän kasvuston mukuloiden kehittymiseen kuin varsiston kasvuun.

Biohiilen ominaisuutena on parantaa maata, nostaa maan pH:ta sekä lisätä kationivaihtoa. Koetuloksissa biohiili pärjasi hyvin samankaltaisesti kipsisakan kanssa.

Biomädäte on hyvin ravinnepitoista. Teollisuuden sivutuotteista se pärjasi parhaiten. Voidaankin todeta, että biomädätteen sisältämällä ravinteilla on ollut lannoitusvaikutus, joka on vaikuttanut positiivisesti kasvuston kehitykseen.

10.1 Alkukehitys ja peittävyys

Kokeen kasvuston kehitystä seurattiin kasvukauden aikana havainnoimalla kasvuston peittävyttä. Havaintoja tehtiin kokeelle kolmena eri ajankohtana. Ensimmäisenä tehtiin alkukehityshavainnot, jonka jälkeen kasvuston peittävyttä havainnoitiin kahtena eri ajankohtana. Seuraavasta kuvasta (kuva 20) nähdään koko kokeen kaikkien koejäsenten kasvuston peittävyyden kehitys prosentteina kolmena eri tarkasteluajankohtana.



Kuva 20. Kasvuston peittävyys taulukosta nähdään kasvuston peittävyys jokaisen koejäsenen osalta. Osa koejäsenistä on kasvanut tarkastelujakson aikana tasaisesti. Muutamien koejäsenten kasvuston kehityksessä on tapahtunut tarkastelujakson aikana käänne hitaampaan kasvuun ja osan kasvuston kehitys on taantunut ja lähes pysähtynyt tarkastelujakson aikana.

Kontrolli sekä kuitusavi (pieni käyttömäärä) koejäsenten peittävyyden kehityksestä huomataan, että kasvu on tarkasteluajankohtana ollut hyvin tasaista. Kasvun tasaisuus voisi tarkoittaa sitä, että näiden koejäsenten ravinteiden otto maaperästä on tarkasteluajankohdan aikana ollut tasaista.

Kontrolli + harsokate, biomädäte, biohiili, kipsisakka, lannoittamaton kontrolli, kuituliete sekä kuitusavi + kipsisakka koejäsenten kehityksessä on tarkasteluajanjaksona tapahtunut käänne. Näiden koejäsenten kasvu on ollut nopeampaa aikavälillä 8.8 - 15.8 kuin aikavälillä 15.8 - 25.8 eli kasvuston kasvunopeus on hidastunut.

Biomädätteen sekä kontrolli + harsokate koejäsenen kohdalla kasvuston peittävyys on ollut 25.8 noin 90 %. Näiden koejäsenten kohdalla kasvuston kasvun hidastuminen voidaan selittää sillä, että kasvuston kasvunopeus hidastuu ennen kuin kasvustossa saavutetaan täysi 100% peittävyys.

Biohiili, lannoittamaton kontrolli, kipsisakka, kuituliete sekä kuitusavi + kipsisakka koejäsenten kasvun hidastumiseen ei sen sijaan kasvuston tilanpuute ole voinut vaikuttaa, sillä kasvilla on ollut tilaa kasvaa. Näiden koejäsenten kasvuston peittävyyden hidastumisen syynä voi olla se, että teollisuuden sivutuotteet ovat voineet häiritä esimerkiksi juurten ravinteiden ottoa. Tätä teoriaa tukee myös se, että kontrollikoejäsenen peittävyys on ollut suurempaa kuin näiden koejäsenten peittävyys on ollut. Maaperässä on siis ollut ravinteita, ne eivät vain ole olleet kyseisten koejäsenten käytettävissä.

Kuitusavi sekä kuitusavi + harsokate koejäsenten kasvu on tarkasteluajan kohtana ollut vähäistä, eikä kasvusto ole kasvanut lähes ollenkaan. Tämä kertoo siitä, että suurta määrää kuitusavea käytettäessä perunan kasvu häiriintyy. Kasvuston kasvun pysähtymisen syynä voi olla se, että kuitusavi on vienyt perunan juuristotilaa. Tätä teoriaa tukee myös se havainto, että kasvin juuristoa vertailtaessa eri koejäsenten välillä ja huomattiin kuitusavea sisältäneiden koejäsenten juuriston olevan huomattavasti hauraampi. Hauraammalla juuristolla kasvien ravinteiden sekä veden otto maaperästä on vaikeutunut.

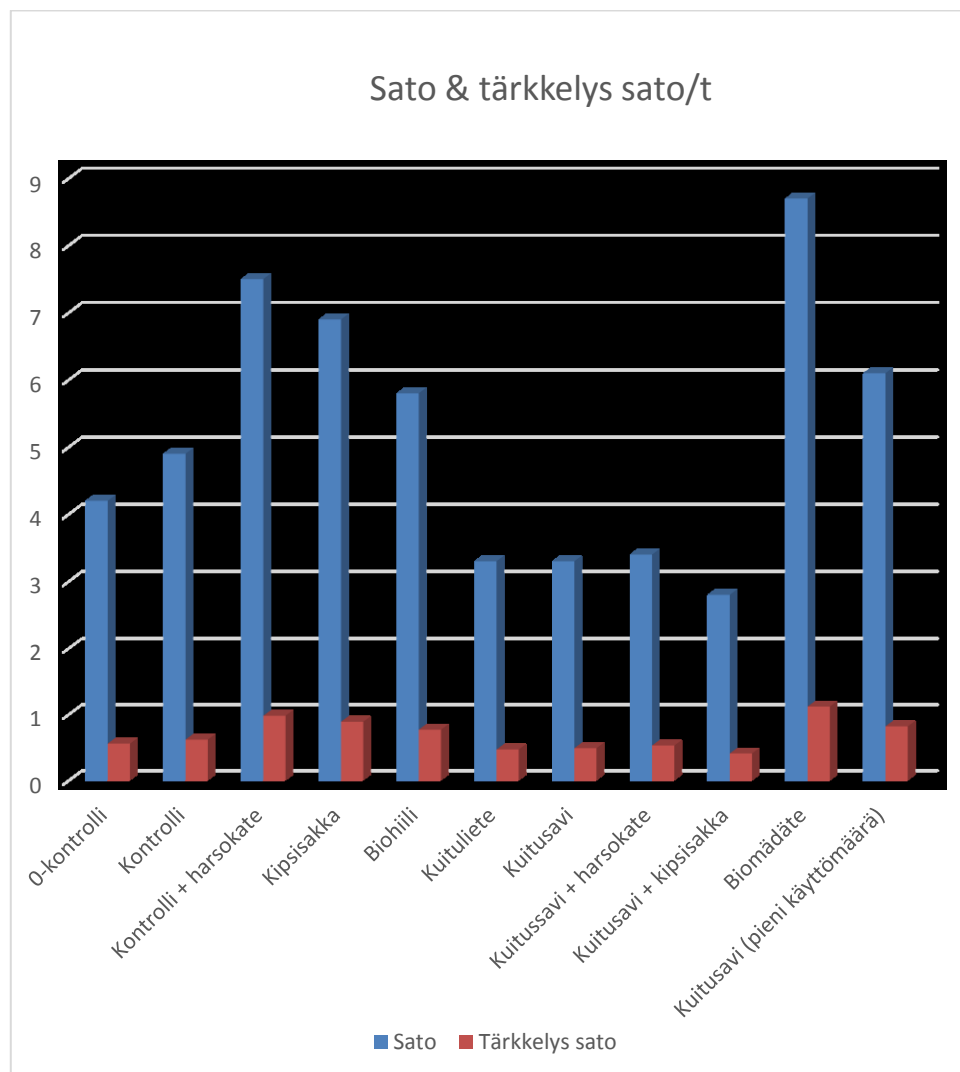
10.2 Sato ja tärkkelyssato

Satotuloksia analysoidessa tulee ottaa huomioon, että kokeessa monta asiaa on vaikuttanut negatiivisesti satotuloksiin. Myöhäinen istutus sekä halla aiheuttivat sen, että kasvukausi jäi liian lyhyeksi. Tämän takia kasvu sekä tärkkelyksen muodostukseen tarvittava aika jäi lyhyeksi. Lisäksi perunan kasvuun vaikutti perunoiden hätämukulointi. Sääolosuhteiden puolesta myös lämpösumma vaikutti sadon muodostukseen negatiivisesti lämpösumman jäädessä keskivertoa alhaisemmaksi. Kokeesta saadut satotulokset eivät vastaa normaaleja perunasta saatavia satotuloksia. Kuitenkin eroja eri koejäsenten välille syntyi, joten joitakin johtopäätöksiä eri teollisuuden sivutuotteiden vaikutuksista voidaan havaita.

Seuraavasta kuvasta (kuva 21) huomataan, että koejäsenten satojen ja tärkkelyssatojen suhteet ovat myös hieman pielessä. Kokeessa käytetyn lajikkeen Hankkijan Tanu keskimääräinen tärkkelyspitoisuus on 17 %. Tässä kokeessa kuitenkin tärkkelyspitoisuus ei ehtinyt nousta niin korkeaksi mitä

se olisi lajikkeelle ominaista lyhyen kasvukauden sekä kasvuston tuleentumattomuuden takia.

Tärkkelyspitoisuus jäi koejäsenestä riippuen 12,6 – 15,6 %. Tärkkelyspitoisuuksissa koejäsenet, joiden satotaso oli suuri, saivat pienimmät tärkkelyspitoisuudet. Koejäsenet, joiden satotaso oli pieni, saivat sen sijaan suurempia tärkkelyspitoisuuksia. Syynä tähän voi olla se, että mukuloiden kasvu on ollut vielä kesken koejäsenillä, jotka ovat saaneet suurimmat satotulokset. Mukuloiden kasvaessa tärkkelyspitoisuus ei ole ehtinyt nousta niin korkeaksi, mitä se normaalisti olisi.



Kuva 21. Taulukosta nähdään kaikkien koejäsenten sato sekä tärkkelys sato tulokset.

Kontrollikoejäseneseen verrattaessa biomädäte, kontrolli + harsokate, kipsisakka, kuitusavi (pieni käyttömäärä) sekä biohiili ovat saaneet paremmat satotulokset. Voidaan todeta näiden sivutuotteiden vapauttaneen perunan kasvun kannalta tärkeitä ravinteita kasvin käyttöön. Kontrolli + harsokate koejäsenellä harsokate on edesauttanut perunan alkukehitystä, jonka seurauksena tämä koejäsen on pärjännyt koetuloksissa hyvin.

Kuitulietettä, kuitusavea (suuri käyttömäärä) sekä kuitusavea + kipsisakkaa sisältävien koejäsenten alhaisien satotuloksen syitä löydetään koejäsenten alkukehitys sekä peittävyys taulukoiden (taulukko 5, taulukko 6) tuloksista. Näissä taulukoissa tulokset ovat huomattavasti heikompia kuin muiden koejäsenten ja sama kehitys jatkuu myös satotuloksissa. Tämä kertoo häiriöistä perunoiden kasvussa. Pienellä käyttömäärällä kuitusaven rakenne ei ole häirinnyt perunan kasvua ja näin ollen satotasot ovat korkeammat.

Vaikka osa koejäsenistä saavutti paremmat satotulokset kuin kontrollikoejäsen, ei tiedetä olisivatko perunanviljelyn satotulokset tuotannon kannattavuuden näkökulmasta riittävät. Jos kasvukauden olosuhteet kasvuajan suhteen olisivat olleet normaalit, tuloksia oltaisiin voitu verrata tärkkelysperunan viljelyn keskimääräisiin satotuloksiin. Koetuloksista huomion arvoista on myös se, että kontrolli + harsokate koejäsen on saavuttanut toiseksi parhaan satotuloksen. On siis huomioitava se mahdollisuus, että taloudellisesti hyödyllisempää voi olla harsokatteen käyttö verrattuna teollisuuden sivutuotteiden käyttöön.

11 LÄHTEET

Ahvenniemi, P. (1994) Paavon perunasivu. Haettu 2.1.2018 osoitteesta <http://www.sci.fi/~ahven/peruna/leartik1.htm>

Aluehallintovirasto (2010) Ympäristölupaviraston ratkaisu. Haettu 28.2.2018 osoitteesta http://www.avi.fi/documents/10191/56916/isavi_paatos_105_10_1-2010-11-11.pdf

Aura, E., Hartikainen, E., Heinonen, R., Jaakkola, A., Kemppainen, E. (1992) *Maa, viljely ja ympäristö*. Helsinki: WSOY

Boreal (n.d.) Hankkijan Tanu. Haettu 30.11.2017 osoitteesta <http://www.boreal.fi/lajike/peruna/hankkijan+tanu/>

CIP International Potato Center (n.d.) Potato Processing and uses. Haettu 30.11.2017 osoitteesta <https://cipotato.org/potato/processing-uses/>

Energiakasvien viljely- simulaattori (n.d.) Maalajit. Haettu 2.1.2018 osoitteesta <http://www2.amk.fi/mater/luonnonvara/Bioenergia/energiakasvit/data/maalajit.php>

Energiakasvien viljely -simulaattori. (n.d). Maalajit. Haettu 2.1.2018 osoitteesta <http://www2.amk.fi/mater/luonnonvara/Bioenergia/energiakasvit/data/maalajit.php>

Energiapaju (n.d). Lannoitus. Haettu 30.11.2017 osoitteesta <http://www.energiapaju.fi/palstaviljely/lannoitus.htm>

Eskonen, S. (2010) *Kompostoinnin tuotteet Mustankorkea Oy*. Opinnäyte-työ. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma luonnonvara-ala. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Haettu 9.2.2018 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/17262/Kompostoinnin%20tuotteet%20mustankorkea%20Oy.pdf?sequence=1>

Farmit (n.d.) Hankkijan Tanu –lajikekuvaus. Haettu 12.9.2017 osoitteesta https://www.farmit.net/kasvinviljely/lajikkeet/kaikki-lajikkeet/peruna?MITdomain=https://www.farmit.net/kasvinviljely/lajikkeet/kaikki-lajikkeet/peruna&MITappl=fn&MITform=docu_laaja&id=1143&MITtitle=Hankkijan+Tanu+-lajikekuvaus

Farmit (n.d.) Perunan Kalkitus. Haettu 1.2.2018 osoitteesta <https://www.farmit.net/kasvinviljely/kalkitus-ja-maanparannus/kasvien-ph-vaatimukset/perunan-kalkitus>

Farmit (n.d.) Tärkkelysperuna. Haettu 22.11.2017 osoitteesta <https://www.farmit.net/kasvinviljely/peruna/tarkkelysperuna>

Helttunen, K. (2017) Kuva koealasta kynnön jälkeen.

Ilmatieteenlaitos (2017) Elokuun 2017 sää ja tilastot. Haettu 4.1.2017 osoitteesta <http://ilmatieteenlaitos.fi/elokuu>

Ilmatieteenlaitos (2017) Heinäkuun 2017 sää ja tilastot. Haettu 4.1.2017 osoitteesta <http://ilmatieteenlaitos.fi/heinakuu>

Ilmatieteenlaitos (2017) Kesäkuun 2017 sää ja tilastot. Haettu 4.1.2017 osoitteesta <http://ilmatieteenlaitos.fi/kesakuu>

Ilmatieteenlaitos (2017) Syyskuun 2017 sää ja tilastot. Haettu 4.1.2017 osoitteesta <http://ilmatieteenlaitos.fi/syyskuu>

Järvinen, S., Rajaoja, R. (1969) *Tärkkelysperunaopas*. Helsinki: Kirjayhtymä

Kangas, A., Partanen, E., Rahkonen, A., & Sillanpää, A. (2001) Laatuvaatimukset. Teoksessa A. Virtanen & H. Teräväinen (toim.) *Laatuperunan tuotanto*. Jyväskylä: Tieto tuottamaan, 34 – 36, 38.

Kankaala, A., Kuokkanen M. (2014-2015) Lajijäteraportti. Oulun Ylipisto, Luke, 4.

Kerr, B. (2012) Climate, soil and potatoes. Haettu 2.1.2018 osoitteesta <https://www.farmersweekly.co.za/crops/vegetables/climate-soil-and-potatoes/>

Klemetti, V. (2008) Turvetuotantoa ja tutkimusta Kihniön Aitonevalla. Teoksessa R. Korhonen, L. Korpela & S. Sarkola (toim.) *Suomi – Suoma*. Maa-henki Oy, Suoseura ry, 101.

Kuisma, P. & Saarela I. (2001) Lannoitus. Teoksessa A. Virtanen & H. Teräväinen (toim.) *Laatuperunan tuotanto*. Jyväskylä: Tieto tuottamaan, 55 – 56.

Kuisma, P. (2002) Ravinteet ja lannoitus. Teoksessa *Tärkkelysperunatuotannon käsikirja*. Haettu 14.1.2018 osoitteesta http://www.tarkkelysperuna.info/files/ravinteetjalannoitus9.pdf?node_id=49

Kuisma, P. (2010) Hätamukulat. Tärkkinetti. Haettu 30.9.2017 osoitteesta http://www.tarkkelysperuna.info/site?node_id=646

Kuokkanen, M. (2016) Kipsilevyjätteestä saatavan kipsisakan karakterisointi ja kipsi-sakan hyödyntäminen maanparannusaineena. Haettu

19.9.2017 osoitteesta https://www.researchgate.net/profile/Ulla_Lassi/project/Material-efficient-development-of-assorted-waste-fractions-utilization-LAJIJAeTE-in-Fin-nish/attachment/58452a8f08aeee4d64e95581/AS:435857304887298@1480927887555/download/LAJIJ%C3%84TE-seminar+programme+%28in+Finnish%29.pdf?context=ProjectUpdates-Log

Kuokkanen, M., Kuokkanen T., Tuomisto, J., Virtanen, E. (2015) Kuitulietteellä maanparannusvaikutus perunanviljelyssä. *Tuottava peruna* 2015(4), 18-19.

Lappalainen, E. (1998) Soiden käytön historiaa Suomessa. Teoksessa H. Vassander (toim.) *Suomen Suot*. Helsinki: Gummeruksen kirjapaino, 61 – 62.

Lavonen, A., Leino, A. & Kivimäki, K. (2001) Tuotanto ja markkinat. Teoksessa A. Virtanen & H. Teräväinen (toim.) *Laatuperunan tuotanto*. Jyväskylä: Tieto tuottamaan, 10.

Metsätissue (n.d.) Tuotannon sivutuotteet. Haettu 28.2.2018 osoitteesta <https://www.metsatissue.com/en/AboutUs/Operations-in-Finland/Suomi/tuotannon-sivutuotteet/Pages/default.aspx>

MTK (2017) Perunan ja sokerijuurikkaan viljely. Haettu 13.11.2017 osoitteesta https://www.mtk.fi/maatalous/maatalous_suomessa/muut_kasvi-tuotanto/fi_FI/muut_kasvituotanto/

My agriculture information bank (n.d.) Ecological Requirements in Potato Cultivation. Haettu 1.2.2018 osoitteesta <http://www.agriinfo.in/default.aspx?page=topic&superid=1&topicid=1113>

Myllymäen Peruna (2017) Perunan tuotanto lajikkeittain Suomessa. Haettu 13.11.2017 osoitteesta <https://www.perunansiemen.fi/fi/perunan-tuotanto-lajikkeittain-suomessa>

Myllys, M. & Soini, S. (2008) Suot maanviljelyssä. Teoksessa R. Korhonen, L. Korpela & S. Sarkola (toim.) *Suomi – Suomaa*. Maahenki Oy, Suoseura ry, 93-94.

Myllys, M. (2008) Soiden maatalouskäyttö tänään. Teoksessa R. Korhonen, L. Korpela & S. Sarkola (toim.) *Suomi – Suomaa*. Maahenki Oy, Suoseura ry, 138 – 143.

Paalo, A. (2007) *Peruna*. Hämeenlinna: Multikustannus Oy

Päivänen, J. (2007) *Suot ja Suomen metsät – järkevän käytön perusteet*. Hämeenlinna: Karisto Oy

Rahkonen, A. (2006) Halla. Tärkkinetti. Haettu 29.9.2017 osoitteesta http://www.tarkkelysperuna.info/site?node_id=646

Rahkonen, A. (2006) Ravinteiden puute. Tärkkinetti. Haettu 14.11.2017. osoitteesta http://www.tarkkelysperuna.info/site?node_id=645

Rousu, E. (2015) *Biokaasulaitos uusiutuvaa energiaa biojätteestä*. Opinnäytetyö. Lapin AMK. Haettu 1.11.2017 osoitteesta http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/101001/Rousu_Eveliina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Savolainen, V. & Silpola, J. (2008) Energiaa turpeesta. Teoksessa R. Korhonen, L. Korpela & S. Sarkola (toim.) *Suomi – Suomaa*. Maahenki Oy, Suoseura ry. 177-176, 183.

Seppänen, M. & Yli-Halla, M. (2008). Peruna. Teoksessa M., Seppänen (toim.) *Peltokasvien tuotanto*. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy, 110.

Sipilä, A. (2018) Sää 2017 Ylistaro. Julkaisematon lähde, Exel taulukko.

Sipilä, A. (2017) O-kontrolli, kontrolli sekä kontrolli + harsokate koejäsenet.

Sipilä, A. (2017) Biohiili koejäsen.

Sipilä, A. (2017) Biomädäte koejäsen.

Sipilä, A. (2017) Ensimmäisen hallayön jälkeen kukintavaiheessa olevan koejäsenen ylimmät lehdykät paleltuivat.

Sipilä, A. (2017) Kipsisakka koejäsen.

Sipilä, A. (2017) Koko kokeen perunoista ylimmät lehdykät paleltuivat ja muuttuivat ruskeiksi muutama päivä hallayön jälkeen.

Sipilä, A. (2017) Kuvat 6- 19.

Syke (2017) Ravinteet. Haettu 3.2.2017 osoitteesta http://www.syke.fi/fi-FI/BioRaEE/Biokaasun_kaytto/Ravinteet

Tuomisto, J. (2013) Maan rakenne osana perunamaan tuottavuutta ja ympäristönhoitoa. *Tuottava peruna* 2013(3), 24-25.

Tuomisto, J. (2016) Maan rakenne osana perunan tuottavuutta ja ympäristön hoitoa. Loppuraportti. Petla.

Tärkkinetti (n.d.) Tärkkelysperuna.info. Haettu 6.2.2018 osoitteesta http://www.tarkkelysperuna.info/site?node_id=0&login=1

Virtanen, H. (2013) *Tärkkelysperunantuotannon haasteet*. Opinnäytetyö. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Haettu 2.1.2018 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57430/Virtanen_Hanna.pdf?sequence=2

Yara (n.d.) Boorin puutos -Peruna. Haettu 9.2.2018 osoitteesta <http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/peruna/lannoitus/puutosoireet/b/01-4737-boorin-puutos---peruna/>

Yara (n.d.) Kalsium. Haettu 6.2.2018 osoitteesta <http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/peruna/avainasiat/kalsium/>

Yara (n.d.) Kalsiumin puutos/ sisäinen tummuminen – Peruna. Haettu 6.2.2018 osoitteesta <http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/peruna/lannoitus/puutosoireet/ca/01-4741-kalsiumin-puutos-sisainen-tummuminen---peruna/>

Yara (n.d.) Rikin puutos -Peruna. Haettu 9.2.2018 osoitteesta <http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/peruna/lannoitus/puutosoireet/s/01-4124-rikin-puutos---peruna/>

Yara (n.d.) Typen puute – peruna. Haettu 26.2.2018 osoitteesta <http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/peruna/lannoitus/puutosoireet/n/8988-typen-puute---peruna/>